

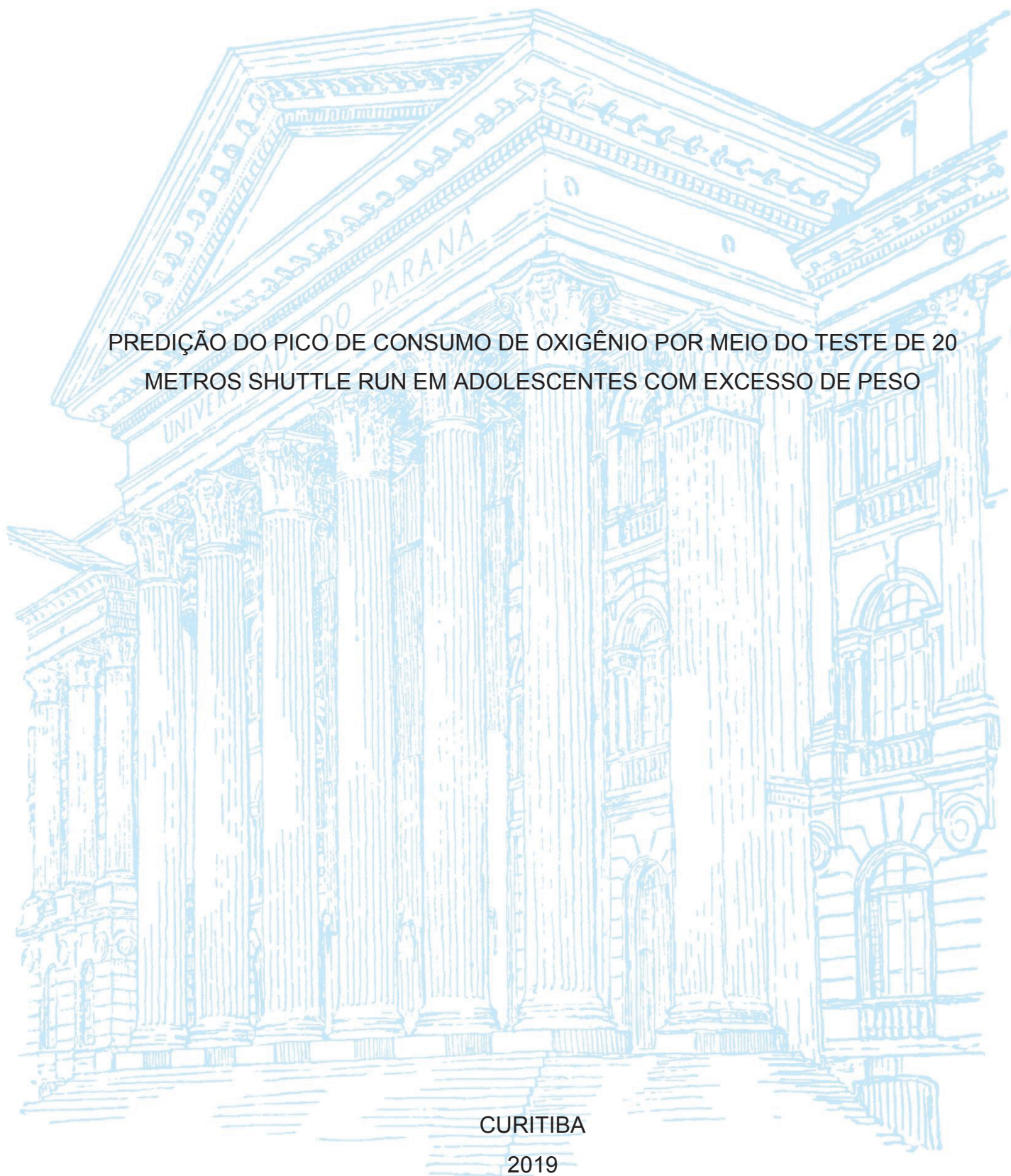
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FRANCISCO JOSÉ DE MENEZES JUNIOR

PREDIÇÃO DO PICO DE CONSUMO DE OXIGÊNIO POR MEIO DO TESTE DE 20
METROS SHUTTLE RUN EM ADOLESCENTES COM EXCESSO DE PESO

CURITIBA

2019



FRANCISCO JOSÉ DE MENEZES JUNIOR

PREDIÇÃO DO PICO DE CONSUMO DE OXIGÊNIO POR MEIO DO TESTE DE 20
METROS SHUTTLE RUN EM ADOLESCENTES COM EXCESSO DE PESO

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Educação Física, Setor de ciências biológicas, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Educação Física.

Orientador(a): Prof(a). Dr(a). Neiva Leite

CURITIBA

2019

Universidade Federal do Paraná. Sistema de Bibliotecas.
Biblioteca de Ciências Biológicas.
(Dulce Maria Bieniara – CRB/9-931)

Menezes Junior, Francisco José

Predição do pico de consumo de oxigênio por meio do teste de 20 metros *shuttle run* em adolescentes com excesso de peso. / Francisco José Menezes Junior. – Curitiba, 2019.

126 p.: il.

Orientadora: Neiva Leite

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Educação Física.

1. Aptidão cardiorrespiratória 2. Consumo de oxigênio 3. Teste de esforço 4. Adolescentes 5. Obesidade I. Título II. Leite, Neiva III. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Educação Física.

CDD (22. ed.) 613.7043



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR SETOR DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EDUCAÇÃO FÍSICA -
40001016047P0

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em EDUCAÇÃO FÍSICA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **FRANCISCO JOSE DE MENEZES JUNIOR** intitulada: **Predição do pico de consumo de oxigênio por meio do teste de 20 metros *shuttle run* em adolescentes com excesso de peso**, após terem inquirido o aluno e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua aprovação no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 26 de Fevereiro de 2019.



NEIVA LEITE

Presidente da Banca Examinadora (UFPR)



ENIO RICARDO VAZ RONQUE

Avaliador Externo (UEL)



LUIS PAULO GOMES MASCARENHAS

Avaliador Externo (UNICENTRO)

To my wife and our future.

AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento dessa dissertação de mestrado foi possível graças à presença de pessoas fundamentais em cada etapa desse estudo, seja pela motivação e apoio, que foram essenciais, ou pela ajuda nos projetos, levantamento de dados e discussões de resultados. Além disso, gostaria de agradecer a você que está lendo essa dissertação. Saiba que ela foi escrita com muito carinho e dedicação. Espero que esse documento possa auxiliá-lo em alguma maneira a sua vida acadêmica! Deixo aqui meu muito obrigado a todos vocês!

Aos meus pais, Francisco e Daniela, exemplos de perseverança e dedicação, por sempre terem acreditado em mim.

Aos meus avós, Dirceu e Inez, que me ensinaram o valor da humildade e respeito.

Aos meus familiares Willian, João Gabriel, Gilberto, Rosana, Matheus, Cristiano, Thainá e Gabrielle, pela compreensão e carinho.

Em especial, agradeço à minha querida esposa Luana, pelo amor e carinho, por sempre estar ao meu lado e me motivado a buscar os meus sonhos, que ofereceu sabedoria e compreensão nos momentos mais difíceis. Agradeço todos os dias por Deus ter nos unido.

À minha orientadora Neiva Leite, por ter acreditado no meu potencial, pelas diversas reuniões, conversas e por incontáveis ensinamentos ao longo do mestrado.

Aos professores da banca, que se dedicaram em ler e aperfeiçoar este trabalho.

Ao pesquisador e amigo Íncare, pela paciência e atenção desde meu primeiro dia na universidade. Obrigado pelos ensinamentos.

À Professora Dra. Kátia Sheylla, pela gentileza e por sempre ter estado disposta a ajudar.

À pesquisadora Maria de Fátima e aos demais colegas pesquisadores do Núcleo de Pesquisa em Qualidade de Vida, por compartilharem suas habilidades e experiências, formando um grupo de estudo multidisciplinar qualificado e exemplar.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

“One dream is better than a thousand realities.”

J.R.R. Tolkien

RESUMO

O pico máximo do consumo de oxigênio relativo à massa corporal ($VO_{2picoMC}$) em adolescentes pode ser estimado a partir do teste *shuttle run* de 20 metros (SR-20m) por várias equações, porém inexiste equações validadas para predição do $VO_{2picoMC}$ em adolescentes com excesso de peso. O deslocamento durante o teste SR-20m com maior sobrecarga corporal pode acarretar erro intrínseco nas equações existentes, que não consideraram a condição de excesso de peso. Portanto, o objetivo é desenvolver equações para estimar o $VO_{2picoMC}$ por meio do teste SR-20m em adolescentes e validá-los para indivíduos com excesso de peso. Foram avaliados 115 adolescentes, de ambos os sexos, com idade entre 10 e 17 anos. Avaliaram-se medidas antropométricas, a maturação biológica, composição corporal, histórico de atividades físicas e tempo diário de comportamento sedentário. Os participantes foram divididos em três grupos: eutróficos ($n=40$), sobrepeso ($n=38$) e obesos ($n=37$), conforme o índice de massa corporal escore Z (IMC-z). Mensurou-se a aptidão cardiorrespiratória (APCR) por meio do teste SR-20m, sendo medido o VO_{2pico} em valores absolutos ($VO_{2picoL/min}$) com o analisador metabólico ($k4 b^2$, cosmed) e convertido para $VO_{2picoMC}$ e relativo à massa livre de gordura ($VO_{2picoMLG}$). Os modelos de equação foram desenvolvidos a partir da combinação de variáveis com maior força de prever o $VO_{2picoMC}$, por meio de regressão linear múltipla. A análise de variância de medidas repetidas foi utilizada para verificar diferenças médias entre o $VO_{2picoMC}$ medido e o calculado pelos novos modelos e das cinco equações previamente publicadas na literatura. As equações também foram avaliadas quanto ao desempenho, precisão de estimativa e concordância com o $VO_{2picoMC}$ medido. Considerou-se significativo o $p<0,05$. O uso do equipamento $K4b^2$ não influenciou o desempenho dos adolescentes durante o teste SR-20m. O $VO_{2picoMC}$ foi o que melhor evidenciou as diferenças nas características da amostra. Foram elaborados três modelos de equações, sendo que o modelo A incluiu as variáveis preditoras de número de voltas, IMC-z, estatura, faixa etária e sexo, e apresentou relevante desempenho ($r=0,817$, $EPE=5,15$ $p<0,001$), precisão ($Viés = 0,426 \pm 5,16$ ml/kg/min) e concordância ($r=0,228$, $p=0,397$) com o $VO_{2picoMC}$ medido. O modelo B identificou como preditores as variáveis de número de voltas, FC_{max} IMC-z, estatura, faixa etária e sexo, e também apresentou relevante desempenho ($r=0,819$, $EPE=5,01$, $p<0,001$), precisão ($Viés=0,649 \pm 5,14$ ml/kg/min) e concordância ($r=0,267$, $p=0,317$) com o $VO_{2picoMC}$ medido. Enquanto que o modelo C exibiu maior desempenho ($r=0,839$, $EPE=4,85$, $p<0,001$), precisão ($Viés=0,952 \pm 4,82$ ml/kg/min) e concordância ($r=0,262$, $p=0,327$) com o $VO_{2picoMC}$ medido, sendo que considerou as variáveis de número de voltas, FC_{max} IMC-z, estatura, classificação da porcentagem de gordura, faixa etária e sexo. Somente uma equação da literatura demonstrou validade para predizer o $VO_{2picoMC}$ em adolescentes com excesso de peso, entretanto, com menor precisão e desempenho em relação às equações propostas nesta pesquisa. Conclui-se que os modelos propostos apresentaram desempenho, precisão e concordância válidos para estimar o $VO_{2picoMC}$ em indivíduos com excesso de peso. Considera-se o modelo A com maior aplicabilidade clínica, por utilizar variáveis de fácil mensuração na prática do profissional da educação física, evidenciando modelo potencial para estudos epidemiológicos ou em grandes amostras.

Palavras-chave: Aptidão cardiorrespiratória. Consumo de oxigênio. Teste de esforço. Adolescentes. Obesidade.

ABSTRACT

The maximum peak oxygen consumption relative to body mass ($VO_{2peakBM}$) in adolescents can be estimated from the 20-meter shuttle run test (SR-20m) by several equations, but there are no validated equations for prediction of $VO_{2peakBM}$ in adolescents with excess of Weight. During the SR-20m test the higher body overload can lead to an intrinsic error in the existing equations, which did not consider the overweight condition. Therefore, the aim is to develop equation models to estimate the $VO_{2peakBM}$ through the SR-20m test for adolescents and to validate the models for who present overweight. A total of 115 adolescents of both sexes, aged between 10 and 17 years, were evaluated. Anthropometric measures, biological maturation, body composition, history of physical activities and daily time of sedentary behavior were evaluated. Participants were divided into three groups: eutrophic ($n=40$), overweight ($n=38$) and obese ($n=37$), according to body mass index Z score (BMI-z). The cardiorespiratory fitness (CRF) was measured using the SR-20m test, VO_{2peak} was measured in absolute values ($VO_{2peakL/min}$) with the metabolic analyzer (k4b², cosmed) and converted to $VO_{2peakBM}$ and relative to the fat-free mass ($VO_{2peakFFM}$). The equation models were developed from the combination of variables with greater force to predict the $VO_{2peakBM}$, through multiple linear regression. The analysis of variance of repeated measures was used to verify mean differences between the $VO_{2peakBM}$ measured and the calculated by the new models and the five equations previously published in the literature. The equations were also evaluated for performance, accuracy of estimation and agreement with the measured $VO_{2peakBM}$. was considered significance of $p<0.05$. The use of K4b² equipment did not influence the performance of adolescents during the SR-20m test. $VO_{2peakBM}$ was the best evidence of the differences in the characteristics of the sample. Three models of equations were elaborated, and model A included predictors of number of lapses, BMI-z, height, age and sex, and presented a relevant performance ($r=0.817$, $SEE=5.15$ $p<0.001$), precision ($bias=0.426 \pm 5.16$ ml/kg.min) and agreement ($r=0.228$, $p=0.377$) with the measured $VO_{2peakBM}$. The model B identified as predictors the variables of number of turns, HRmax BMI-z, height, age group and sex, and also presented relevant performance ($r=0.819$, $EPE=5.01$, $p<0.001$), precision ($bias=0.649 \pm 5.14$ ml/kg.min) and agreement ($r=0.267$, $p=0.317$) with the measured $VO_{2peakBM}$. While model C showed a higher performance ($r=0.839$, $EPE=4.85$, $p<0.001$), precision ($bias=0.952 \pm 4.82$ ml/kg.min) and concordance ($r=0.262$, $p=0.317$) with the $VO_{2peakBM}$ measured, and considered the variables of lap number, HRmax BMI-z, height, fat percentage, age and sex. Only one equation in the literature demonstrated the validity to predict $VO_{2peakBM}$ in overweight adolescents, however, with less precision and performance in relation to the equations proposed in this research. In conclusion, the models presented valid performance, accuracy and agreement to estimate $VO_{2peakBM}$ in overweight individuals. It is considered the model A with greater clinical applicability, to use variables of easy measurement in the practice of the physical education professional, evidencing a potential model for epidemiological studies or in large samples.

Key-words: Cardiorespiratory fitness. Oxygen uptake. Cardiopulmonary Exercise Test. Adolescents. Obesity.

LISTA DE FIGURAS E QUADROS

FIGURA 1	GRÁFICO DE CONSUMO DE OXIGÊNIO DURANTE O TESTE <i>SHUTTLE RUN</i> DE 20 METROS SEM O EMPREGO DE FILTRO (A) E COM O EMPREGO DE FILTRO (B).....	48
FIGURA 2	GRÁFICOS DE VALIDAÇÃO CRUZADA PARA AMOSTRA TOTAL E COM EXCESSO DE PESO.....	65
FIGURA 3	GRÁFICOS DE CONCORDÂNCIA ENTRE $VO_{2pico}MC$ MEDIDO E CALCULADO PELOS MODELOS ELEGÍVEIS PARA A AMOSTRA TOTAL	68
FIGURA 4	GRÁFICOS DE CONCORDÂNCIA ENTRE $VO_{2pico}MC$ MEDIDO E CALCULADO PELOS MODELOS ELEGÍVEIS PARA A AMOSTRA COM EXCESSO DE PESO	70
FIGURA 5	GRÁFICOS DE CONCORDÂNCIA ENTRE $VO_{2pico}MC$ MEDIDO E CALCULADO PELOS MODELOS ELEGÍVEIS PARA A AMOSTRA COM OBESIDADE	73
QUADRO 1	EQUAÇÃO PREDITIVA DO $VO_{2pico}MC$ MODELO A	62
QUADRO 2	EQUAÇÃO PREDITIVA DO $VO_{2pico}MC$ MODELO B	62
QUADRO 2	EQUAÇÃO PREDITIVA DO $VO_{2pico}MC$ MODELO C	62

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS E EQUAÇÕES PREVIAMENTE PUBLICADAS NA LITERATURA	38
TABELA 2	APRESENTAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS GERAIS DA AMOSTRA ESTRATIFICADO PELO ESTADO NUTRICIONAL MENINOS.....	53
TABELA 3	APRESENTAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS GERAIS DA AMOSTRA ESTRATIFICADO PELO ESTADO NUTRICIONAL MENINAS.....	54
TABELA 4	DESEMPENHO NO NÚMERO DE VOLTAS DE ACORDO COM O SEXO E O ESTADO NUTRICIONAL	55
TABELA 5	VO_{2pico} L/min DE ACORDO COM AS CARACTERÍSTICAS DA AMOSTRA.....	56
TABELA 6	VO_{2pico} MC DE ACORDO COM A CARACTERÍSTICA DA AMOSTRA	57
TABELA 7	VO_{2pico} MLG DE ACORDO COM AS CARACTERÍSTICAS DA AMOSTRA	58
TABELA 8	COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO LINEAR DE PEARSON ENTRE O VO_{2pico} L/min, VO_{2pico} MC E VO_{2pico} MLG E AS VARIÁVEIS PREDITORAS DE ACORDO COM SEXO E ESTADO NUTRICIONAL	60
TABELA 9	CARACTERÍSTICAS DA AMOSTRA DE VALIDAÇÃO E VALIDAÇÃO CRUZADA	61
TABELA 10	DETALHES DOS MODELOS DE REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA	63
TABELA 11	CARACTERÍSTICAS DA VALIDAÇÃO CRUZADA DOS NOVOS MODELOS	65
TABELA 12	ANÁLISE DE SIMILARIDADE ENTRE O VO_{2pico} MC MEDIDO E CALCULADO	66
TABELA 13	ANÁLISE DESEMPENHO, PRECISÃO E CONCORDÂNCIA DOS MODELOS PREDITIVOS PARA A AMOSTRA TOTAL	67
TABELA 14	ANÁLISE DESEMPENHO, PRECISÃO E CONCORDÂNCIA DOS MODELOS PREDITIVOS EM ADOLESCENTES COM EXCESSO DE PESO.....	69
TABELA 15	ANÁLISE DESEMPENHO, PRECISÃO E CONCORDÂNCIA DOS MODELOS PREDITIVOS EM ADOLESCENTES COM OBESIDADE.....	72
TABELA 16	ANÁLISE DESEMPENHO, PRECISÃO E CONCORDÂNCIA DOS MODELOS PREDITIVOS EM ADOLESCENTES DE ACORDO COM O SEXO.....	73

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE 1	TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)	108
APÊNDICE 2	TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)	111
APÊNDICE 3	RELATÓRIO DE ATIVIDADES INDIVIDUAIS	114
APÊNDICE 4	TABELA 17. CARACTERÍSTICAS GERAIS DA AMOSTRA ESTRATIFICADO PELO ESTADO NUTRICIONAL E SUBCLASSIFICADO PELO SEXO.....	115
APÊNDICE 5	TABELA 18. CLASSIFICAÇÃO DE APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA INSUFICIENTE DE ACORDO COM AS CARACTERÍSTICAS DA AMOSTRA.....	116
APÊNDICE 6	TABELA 19. COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO LINEAR DE PEARSON ENTRE VARIÁVEIS PREDITORAS DO $VO_{2pico}MC$ MEDIDO REFERENTE A EQUAÇÃO MODELO A.....	117
	TABELA 20. COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO LINEAR DE PEARSON ENTRE VARIÁVEIS PREDITORAS DO $VO_{2pico}MC$ MEDIDO REFERENTE A EQUAÇÃO MODELO B.....	117
	TABELA 21. COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO LINEAR DE PEARSON ENTRE VARIÁVEIS PREDITORAS DO $VO_{2pico}MC$ MEDIDO REFERENTE A MODELO C.	117
APÊNDICE 7	TABELA 22. ESTATÍSTICAS DE RESÍDUOS MODELO A.	118
	TABELA 22. ESTATÍSTICAS DE RESÍDUOS MODELO B.	118
	TABELA 22. ESTATÍSTICAS DE RESÍDUOS MODELO C.	118
APÊNDICE 8	FIGURA 6. GRÁFICOS DE VALIDAÇÃO PARA HOMOCEDASTICIDADE DOS NOVOS MODELOS	119

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1	CARTA DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA EM SERES HUMANOS	121
ANEXO 2	ESTÁGIOS DE MATURAÇÃO SEXUAL.....	123
ANEXO 3	CURVAS DE CLASSIFICAÇÃO DO IMC POR IDADE PARA MENINOS	124
ANEXO 4	CURVAS DE CLASSIFICAÇÃO DO IMC POR IDADE PARA MENINAS	125
ANEXO 5	QUESTIONÁRIO DE NÍVEL DE ATIVIDADE FÍSICA.....	126

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA	- Análise de variância
APCR	- Aptidão cardiorrespiratória
CC	- Circunferência da cintura
CS	- Comportamento sedentário
DCT	- Dobra cutânea do tríceps
EMS	- Estágio de maturação sexual
EP	- Excesso de peso
EPE	- Erro padrão de estimativa
EST	- Estágio do teste <i>shuttle run</i>
ETM	- Erro técnico de medida
FCmax	- Máximo de batimentos por minuto
FE	- Faixa etária
GH	- Hormônio do crescimento
IL-1	- Interleucina 1
IL-6	- Interleucina 6
IMC	- Índice de massa corporal
IMC-z	- Índice de massa corporal escore Z
kg	- Quilogramas
km/h	- Quilômetros por hora
L	- Litros
m	- Metros
MC	- Massa corporal
min	- Minutos
ml	- Miligramas
MLG	- Massa livre de gordura

mv	- Moderado à vigoroso
n	- Quantidade amostral
NAF	- Nível de atividade física
Número de voltas	- Número de voltas no teste <i>shuttle run</i>
%MG	- Porcentagem de massa gordura
r	- Coeficiente de correlação linear de <i>Pearson</i>
R ²	- Coeficiente de determinação
RER	- Coeficiente respiratório
RNA	- Redes neurais artificiais
SR-20m	- Teste <i>shuttle run</i> de 20 metros
TALE	- Termo de assentimento livre e esclarecido
TCLE	- Termo de consentimento livre e esclarecido
TFN- α	- Fator de necrose tumoral alfa
VF	- Velocidade final no teste <i>shuttle run</i>
VO ₂	- Consumo de oxigênio
VO _{2max}	- Consumo máximo de oxigênio
VO _{2pico}	- Pico do consumo de oxigênio
VO _{2pico} L/min	- Pico do consumo de oxigênio absoluto (litros / minuto)
VO _{2pico} MC	- Pico do consumo de oxigênio relativo à massa corporal (miligramas / quilograma / minuto)
VO _{2pico} MLG	- Pico do consumo de oxigênio relativo à massa livre de gordura (miligramas / quilograma / minuto)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
1.1. OBJETIVOS	20
1.1.1. Objetivo geral	20
1.1.2. Objetivos específicos	20
1.1.3. HIPÓTESES	21
2. REVISÃO DE LITERATURA	22
2.1. ESTILO DE VIDA E EXCESSO DE PESO	22
2.2. APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA	25
2.3. TESTE SHUTTLE RUN DE 20 METROS	34
3. MATERIAIS E MÉTODOS	43
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	43
3.2. POPULAÇÃO E AMOSTRAGEM	43
3.3. INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS	44
3.4. TRATAMENTO DOS DADOS E ESTATÍSTICA	49
4. RESULTADOS	52
4.1. CARACTERÍSTICAS DA AMOSTRA	52
4.2. DESEMPENHO NO SR-20M	54
4.3. APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA	55
4.4. CORRELAÇÕES BIVARIADAS	59
4.5. MODELOS DE EQUAÇÕES PREDITIVAS DO $VO_{2picoMC}$	61
4.6. VALIDAÇÃO CRUZADA DOS MODELOS	63
4.7. ANÁLISE DOS VALORES DE $VO_{2picoMC}$ MEDIDO E CALCULADO	66
4.8. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO, PRECISÃO E CONCORDÂNCIA ENTRE AS EQUAÇÕES PREDITIVAS E O $VO_{2picoMC}$ MEDIDO	67
5. DISCUSSÃO	76
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	93
REFERÊNCIAS	94
APÊNDICES	107
ANEXOS	120

1. INTRODUÇÃO

As modificações na qualidade dos hábitos alimentares, acompanhadas de redução nos níveis de atividade física e aumento do comportamento sedentário são características presentes na sociedade ocidental (MATTHEWS et al., 2012). Estas condutas estão relacionadas ao aumento na prevalência do excesso de peso (ABARCA-GÓMEZ et al., 2017; NOOIJEN et al., 2017), que está associado à diminuição da aptidão física (MOLINA-GARCIA et al., 2018). Além disso, há manifestações de diversos distúrbios metabólicos, expressados pelo aumento nos níveis de pressão arterial, dislipidemias, resistência insulínica e diabetes tipo 2 na população adulta (MILITELLO et al., 2018) e na pediátrica (NOOIJEN et al., 2017).

A aptidão física tem sido relacionada à saúde em todas as faixas etárias (HAMMAMI et al., 2018; MALMBERG et al., 2002; MORROW et al., 2013), representada por vários componentes, em especial a aptidão cardiorrespiratória (APCR) (CABANAS-SÁNCHEZ et al., 2018; CARSON et al., 2016a; MAHAFFEY et al., 2016). A APCR, reflete diretamente a condição do sistema cardiovascular e respiratório (HAMLIN et al., 2014), sendo considerada uma das mais importantes medidas de saúde, que proporciona informações relevantes para diagnóstico e prognóstico, tornando-se variável de acompanhamento para a eficiência terapêutica individualizada (ARENA; CAHALIN, 2014; CASTRO-PIÑERO et al., 2017). Crianças que apresentam baixa APCR demonstram permanecer nesta condição no decorrer dos anos, aumentando o risco de doenças cardiovasculares (LANG et al., 2018).

Portanto, a rotina da avaliação da APCR é fundamental no diagnóstico da saúde dos escolares, sendo o pico máximo de consumo de oxigênio (VO_{2pico}) considerado o principal identificador da capacidade funcional cardiopulmonar (TAMBALIS et al., 2018). Os valores de VO_{2pico} podem ser apresentados em unidades absolutas ($VO_{2pico}L/min$), relativas à massa corporal ($VO_{2pico}MC$) ou à massa livre de gordura ($VO_{2pico}MLG$), sendo mensurados por meio de métodos diretos com a utilização de equipamentos ergoespirométricos e a partir de métodos indiretos por meio de equações preditivas (MCAULEY; BEAVERS, 2014). Ambos os métodos podem ser conduzidos em testes máximos ou submáximos com a utilização de ergômetros dentro de laboratórios, por meio de protocolos de campo em piscinas, quadras ou pistas (BATISTA et al., 2017). No entanto, testes de campo que envolvem

atividades de corrida/caminhada são os mais utilizados em estudos epidemiológicos (CASTRO-PINERO et al., 2010).

O teste *shuttle run* de 20 metros (SR-20m) foi criado e apresentado por Leger et al. (1982), sendo um dos protocolos de campo mais usados no público infanto-juvenil (CASTRO-PINERO et al., 2010) e considerado o mais apropriado para essa população (BATISTA et al., 2017). Desde a década de 80, testes de campo como SR-20m têm sido incluídos em várias baterias de teste de aptidão física como FITNESSgram e Eurofit (TOMKINSON et al., 2016). Essa inclusão provocou grande interesse de vários autores em desenvolver equações para calcular o $VO_{2pico}MC$ em crianças e adolescentes a partir do SR-20m (MAHAR et al., 2006; MATSUZAKA et al., 2004; RUIZ et al., 2008). Entretanto, a estimativa do $VO_{2pico}MC$ por meio de equações pode apresentar variação de medidas ao depender das características da amostra (BORFE et al., 2017).

Neste sentido, em recente revisão sistemática foram identificadas 15 equações publicadas para estimar o $VO_{2pico}MC$ em adolescentes, que incluíram variáveis de sexo, faixa etária, índice de massa corporal (IMC), massa corporal (MC), estatura, dobras cutâneas e desempenho no teste SR-20m (MENEZES-JUNIOR; JESUS; LEITE, 2019), porém sem considerar a condição de excesso de peso que alguns participantes poderiam apresentar. Além disso, os autores identificaram que apenas duas equações apresentaram forte nível de evidência para calcular o $VO_{2pico}MC$ em adolescentes (LÉGER et al., 1988; MATSUZAKA et al., 2004) e três equações tiveram nível de evidência moderado (BARNETT; CHAN; BRUCE, 1993; MATSUZAKA et al., 2004; RUIZ et al., 2008). Entretanto, faltam informações sobre a validade e precisão das equações disponíveis, assim como sobre as variáveis com maior poder de predição do $VO_{2pico}MC$ em adolescentes com excesso de peso, uma vez que os estudos que abordaram o respectivo tema, não reportaram a validade de acordo com o estado nutricional da amostra (LÉGER et al., 1988; MAHAR et al., 2011; MATSUZAKA et al., 2004).

Crianças e adolescentes com excesso de peso se deslocam com maior sobrecarga corporal, o que pode acarretar em diferenças no desempenho no SR-20m e as equações existentes podem apresentar erro intrínseco ao não considerarem a condição de excesso de peso na predição do $VO_{2pico}MC$. Assim, esse fator é importante ser incluído na análise dos resultados no SR-20m, tendo em vista o aumento na prevalência de excesso de peso na população pediátrica nas últimas

décadas (MENEZES-JUNIOR; JESUS; LEITE, 2019). Até o momento, foi publicada apenas uma pesquisa que procurou desenvolver equação para adolescentes obesos por meio do teste SR-20m adaptado, incluindo variáveis de sexo, idade, IMC e velocidade máxima atingida no teste (QUINART et al., 2014). Essa pesquisa utilizou amostra de 30 obesos para elaborar o modelo de equação, contudo modificou o protocolo do SR-20m, iniciando o teste com velocidade mais baixa, assim tanto o baixo número amostral quanto a adaptação do SR-20m limita a análise preditiva e dificulta a comparação com os outros estudos.

Acrescenta-se que estudos demonstram alterações corporais relevantes na fase de crescimento, tanto em decorrência ao desenvolvimento somático quanto de maturação sexual (COELHO-E-SILVA et al., 2013a; LOURENÇO; BRUNI QUEIROZ, 2010). As variações no tamanho corporal associados à fase de maturação possuem associação íntima com a aptidão física e ocorrem de maneiras distintas entre meninas e meninos (COELHO-E-SILVA et al., 2013; MOTA et al., 2002). Entre jovens da mesma faixa etária, as meninas tendem a ser mais avançadas em relação aos meninos (COELHO-E-SILVA et al., 2013). O avanço dos estágios de maturação sexual está associado inversamente com a APCR em meninas, enquanto que em meninos os valores de $VO_{2\text{pico}}$ mantêm-se estáveis (MINATTO; PETROSKI; SILVA, 2013). Isso acontece devido às transformações físicas e hormonais que ocorrem na puberdade (LOURENÇO; BRUNI QUEIROZ, 2010), como o aumento da massa livre de gordura (MLG) nos meninos e da massa gorda (MG) nas meninas, situação que não tem sido considerada nas equações preditivas existentes. Neste sentido, a APCR pode ser influenciada de forma direta pela MLG (PIENAAR; COETZEE; MONYEMI, 2015) e inversa pelos indicadores de adiposidade como o IMC *escore-z*, circunferência de cintura (CC), porcentagem de massa gorda (%MG) e MG (BORFE et al., 2017).

Outro fator interessante a ser analisado é o estilo de vida, que também pode ter relevância para elaboração dos modelos de predição do $VO_{2\text{picoMC}}$. O estilo de vida inadequado, que engloba baixas práticas de atividades físicas e maior comportamento sedentário (CS), está associado aos efeitos prejudiciais e consistentes na saúde de crianças e adolescentes (KULINSKI et al., 2014), perfil que apresenta associação inversa ao condicionamento físico e à APCR (BIDDLE; GARCÍA BENGOCHEA; WIESNER, 2017). Entretanto, a influência da prática de atividades

físicas e o tempo em CS ainda não foram estudados em modelos de predição do VO_{2pico} .

Dessa forma, as equações que utilizam várias características da amostra tendem a apresentar maiores valores de associação entre o $VO_{2picoMC}$ medido e o calculado (MENEZES-JUNIOR; JESUS; LEITE, 2019). Neste sentido, apesar de existirem relatos de que o EMS, os componentes da composição corporal, parâmetros de atividade física e comportamento sedentário podem promover importante influência na APCR em adolescentes (BORFE et al., 2017; BURNS et al., 2015), estes parâmetros ainda não foram bem explorados em equações de predição (MENEZES-JUNIOR; JESUS; LEITE, 2019). Aspecto que limita o entendimento sobre o papel destas variáveis sobre a capacidade cardiorrespiratória em adolescentes com excesso de peso.

Além disso, para desenvolver um modelo de preditivo, deve-se explicar a variável mensurada a partir do método direto (MACFARLANE, 2017). Os equipamentos com capacidade de analisar a troca gasosa são os métodos diretos para o VO_{2pico} (MACFARLANE, 2017). Tais equipamentos possuem variações de modelos, que recentemente, aparelhos portáteis são frequentemente utilizados (MACFARLANE, 2017). Existe lacuna científica sobre a influência da utilização de equipamentos metabólicos portáteis e o impacto sobre o desempenho durante os testes de esforço máximo (BALES et al., 2001; GAULT; CLEMENTS; WILLEMS, 2009). Neste sentido, existe a possibilidade de o analisador metabólico portátil gerar desconforto durante um teste máximo, o que pode sugerir uma possível variável de ajuste em equações. Entretanto não há estudos até o momento, que considerem verificar este efeito sobre o desempenho em crianças e adolescentes, fator importante a considerar na avaliação da população com excesso de peso, pois acrescentarão carga extra além do seu peso corporal excessivo.

Portanto, percebe-se a necessidade de analisar a contribuição de variáveis antropométricas, biológicas e de estilo de vida para desenvolver modelos de equações válidos para estimar o $VO_{2picoMC}$ em adolescentes, bem como verificar a validade dos modelos para população com excesso de peso. Assim, o objetivo deste estudo foi investigar a contribuição do tempo em comportamento sedentário, nível de atividade física, EMS, sexo, faixa etária, IMC score-z, circunferência da cintura, porcentagem de gordura, massa livre de gordura e frequência cardíaca máxima para desenvolver

novos modelos preditivos do $VO_{2picoMC}$ por meio do teste SR-20m e validá-los para adolescentes com excesso de peso.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

- Desenvolver e validar modelos de equação para calcular o $VO_{2picoMC}$ para adolescentes com excesso de peso no teste SR-20m, utilizando indicadores de adiposidade, maturação sexual, histórico de atividades físicas e desempenho no teste de esforço.

1.1.2 Objetivos específicos

- Verificar a influência do uso do equipamento analisador metabólico portátil sobre o desempenho no teste SR-20m;

- Mensurar os valores de $VO_{2picoL/min}$, $VO_{2picoMC}$ e $VO_{2picoMLG}$ em adolescentes, considerando as variáveis de sexo, maturação biológica, índice de massa corporal escore-z, massa gorda, circunferência da cintura, tempo de tela e nível de atividade física moderado-vigoroso;

- Examinar a contribuição preditiva das variáveis de sexo, faixa etária, estágio de maturação sexual, índice de massa corporal escore-z, massa gorda, massa livre de gordura, circunferência da cintura, FC_{max} , tempo de tela e nível de atividade física moderado-vigoroso na elaboração de modelos para calcular o $VO_{2picoMC}$ para adolescentes com excesso de peso;

- Analisar a precisão, desempenho e concordância dos novos modelos de equação e cinco equações previamente publicados na literatura (Leger (LÉGER et al., 1988), Ruiz (RUIZ et al., 2008), Barnett (A) (BARNETT; CHAN; BRUCE, 1993), Matsuzaka (A) e Matsuzaka (B) (MATSUZAKA et al., 2004)) em estimar o $VO_{2picoMC}$ em adolescentes com excesso de peso.

1.2 HIPÓTESES

H1 – A utilização do analisador metabólico influenciará de forma inversa o desempenho dos adolescentes no teste SR-20m;

H2 - Haverá diferenças para os valores de $VO_{2pico}L/min$, $VO_{2pico}MC$ e $VO_{2pico}MLG$ de acordo com: sexo, maturação biológica, índice de massa corporal escore-z, massa gorda, circunferência da cintura, tempo de tela e nível de atividade física moderado-vigoroso;

H3 - As variáveis de sexo, faixa etária, estágio de maturação sexual, índice de massa corporal escore-z, massa gorda, massa livre de gordura, circunferência da cintura, tempo de tela e nível de atividade física moderado-vigoroso, contribuirão significativamente na elaboração dos modelos preditivos do $VO_{2pico}MC$ para adolescentes com excesso de peso;

H4 - Os novos modelos de equação apresentarão precisão, desempenho e concordância adequados para prever o $VO_{2pico}MC$ em adolescentes com excesso de peso;

H5 - Os modelos de equações publicados na literatura apresentarão precisão, desempenho e concordância inadequados para prever o $VO_{2pico}MC$ em adolescentes com excesso de peso.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A aptidão cardiorrespiratória (APCR) é importante marcador de saúde de adolescentes (TAMBALIS et al., 2018), considerada forte preditora de várias doenças relacionadas ao sistema cardiovascular (CASTRO-PIÑERO et al., 2017). A baixa APCR está associada às mudanças de estilo de vida, e o excesso de peso pode agravar esta condição e gerar complicações à saúde (MOLINA-GARCIA et al., 2018). Portanto, mensurar a APCR é fator relevante para diagnóstico populacional, sendo utilizada como parâmetro para prescrever exercícios físicos de forma preventiva, assim como terapêutica (ARENA; CAHALIN, 2014). Nesta revisão foram apresentados temas relacionados ao estilo de vida, a mensuração e diagnóstico da APCR por meio de métodos diretos e indiretos, bem como aspectos que podem influenciar a APCR em crianças e adolescentes. Além disso, abordou-se um tópico sobre o teste SR-20m para avaliação da APCR, promovendo discussão sobre as diversas equações desenvolvidas para este protocolo, bem como a análise sobre as variáveis empregadas em equações de predição do $VO_{2\text{picoMC}}$ em adolescentes.

2.1 ESTILO DE VIDA E EXCESSO DE PESO

O estilo de vida é definido como comportamentos sociais que são determinados pela cultura da população, que se expressam em condutas e hábitos saudáveis ou não saudáveis de viver (GADAIS et al., 2018). Estas condutas inferem grande impacto sobre a saúde de crianças e adolescentes (CARSON et al., 2016b). A baixa prática de atividades físicas e maior comportamento sedentário (CS) são os principais hábitos associados aos efeitos prejudiciais à saúde de crianças e adolescentes (KULINSKI et al., 2014), que contribuem para a baixa APCR no público infanto-juvenil (BIDDLE; GARCÍA BENGOCHEA; WIESNER, 2017).

O tempo em CS é definido como atividade de baixo gasto energético, excluindo as horas de sono ou de exercícios sentados (BIDDLE; GARCÍA BENGOCHEA; WIESNER, 2017). O tempo em CS pode ser mensurado tanto por meio de questionários de auto relato, nos quais os indivíduos relatam o tempo gasto em determinadas atividades de tela como tempo sentado, assistindo TV e o tempo de tela (abrangendo ocasião em frente ao computador e aparelhos eletrônicos portáteis).

Além disso, pode ser calculado por meio de equipamentos para medidas objetivas como acelerômetros (BIDDLE et al., 2016), que são capazes de mensurar continuamente a intensidade, a frequência e a duração do movimento do corpo por longos períodos de tempo (CARSON et al., 2016b).

As atividades sedentárias, especialmente aquelas baseadas em aparelhos eletrônicos como celulares, *smartphones*, computadores e televisão com duração maior que 2 horas por dia, são associadas com aumento significativo do risco de doenças crônico degenerativas, bem como redução da aptidão física, autoestima e atividades sociais (BERMEJO-CANTARERO et al., 2017).

Além da redução das atividades sedentárias, um dos principais pilares para um estilo de vida saudável é a prática de atividades físicas regulares. Os benefícios para a saúde da atividade física são bem estabelecidos e incluem menor risco de doença cardiovascular, hipertensão arterial sistêmica, diabetes e pode ajudar na manutenção de um peso saudável (GUTHOLD et al., 2018). Para crianças e adolescentes, a organização mundial da saúde (OMS) recomenda a participação de pelo menos 60 minutos diários em exercícios de intensidade moderada à vigorosa (WHO, 2010).

O maior tempo gasto em atividades sedentárias combinado à redução da prática de atividade física são hábitos frequentemente associados ao aumento dos indicadores de adiposidade e excesso de peso em adolescentes em diversos países (ABARCA-GÓMEZ et al., 2017; BIDDLE; GARCÍA BENGOCHEA; WIESNER, 2017; TADIOTTO et al., 2018). O excesso de peso pode envolver aspectos genéticos, fisiológicos, ambientais, culturais, sociais e psicológicos (SOUZA et al., 2017). As associações da obesidade e riscos cardiovasculares, tornaram-se mais evidentes nas últimas décadas, quando o tecido adiposo passou a ser considerado como órgão endócrino, pois além de ser armazenador de energia, foi descoberto que secreta diversas citocinas pró-inflamatórias que apresentam impacto negativo nas funções metabólicas (GREGOR; HOTAMISLIGIL, 2011).

A origem destas citocinas ocorre pela infiltração de macrófagos inflamatórios na célula adiposa, e estes liberam diversos agentes inflamatórios como IL-1, IL-6 e TNF- α que influenciam nos níveis de leptina e de outros hormônios como o GH (WATERS; BAUMGARTNER, 2011). Estas citocinas, induzem a diminuição de agentes anti-inflamatórios como a adiponectina, contribuindo para o estado inflamatório crônico (WATERS; BAUMGARTNER, 2011). O perfil inflamatório crônico,

está associado a elevados riscos para a saúde, que contribui para o desenvolvimento de doenças crônicas, como diabetes mellitus tipo 2, hipercolesterolemia, hipertensão arterial sistêmica, aterosclerose e diversos tipos de cânceres (LOPEZ-CANDALES et al., 2017).

O excesso de gordura subcutânea pode estar distribuída de forma geral ou localizada em região central, ambas podem ocasionar risco para a saúde (SOUZA et al., 2017) e estão associadas a menor APCR (BORFE et al., 2017), porém a obesidade central apresenta maior associação aos distúrbios cárdiometabólicos (ASHWELL; GIBSON, 2016). As medidas antropométricas contribuem para o diagnóstico do excesso de peso, utilizando-se o índice de massa corporal (IMC) para avaliação da adiposidade geral e a circunferência abdominal para o diagnóstico da adiposidade central (ASHWELL; GIBSON, 2016; LO et al., 2016).

O IMC é calculado pela equação da massa corporal dividido pela estatura ao quadrado (kg/m^2), sendo o método de diagnóstico clínico indireto padrão para mensurar o sobrepeso e obesidade (TYSON; FRANK, 2017). Em crianças e adolescentes, é preconizado o uso de IMC escore Z (IMC-z) para avaliar o excesso de peso (DE ONIS, 2009). Baseado em gráficos de padrão de crescimento, o IMC-z permite a avaliação do estado nutricional com fundamentação em percentis específicos de acordo com a faixa etária e sexo (TYSON; FRANK, 2017). De acordo com estes gráficos, os indivíduos com valores entre os percentis de 85º e 97º são classificados com sobrepeso, enquanto aqueles acima de 97º são classificados como obesos (DE ONIS, 2009). Além disso, a medida de circunferência da cintura (CC) bem como a porcentagem de massa gorda (%MG) também são métodos para avaliar o excesso de peso na população infanto-juvenil (SOUZA et al., 2017).

Um estudo demonstrou que entre 42,4 e 51,8 milhões de crianças e adolescentes com idades de 0 a 19 anos na América Latina e Caribe encontravam-se acima do peso recomendado para idade, o que representa em torno de 20,0% a 25,0% da população absoluta de crianças e de adolescentes da região (RIVERA et al., 2014). No Brasil, a prevalência de sobrepeso dobrou nas últimas décadas, que alcançou aproximadamente 24%, enquanto a quantidade de obesos chega a 8% dos escolares entre 13 e 17 anos (MINISTÉRIO DA SAÚDE; IBGE, 2016). Estima-se que 11% das crianças menores de cinco anos de todo o mundo terão sobrepeso no ano de 2025 (SOUZA et al., 2017). No sul do país, segundo o SISVAN-escolar (2017), o excesso de peso infanto-juvenil aumentou consideravelmente de 18,8% para 34,9% entre os

anos de 1996 e 2013. Enquanto que nos últimos cinco anos observou-se estabilidade do excesso de peso, com taxas de 35,5% em 2017 (SISVAN, 2017).

Portanto, a obesidade é considerada como uma doença de causalidade multifatorial, evidenciada como problema de saúde pública, sendo classificada como epidemia global (BORFE et al., 2017). A cada ano é mais presente entre crianças e adolescentes, o que pode aumentar as chances de desenvolvimento de doenças na fase adulta e diminuir a expectativa e qualidade de vida (BERMEJO-CANTARERO et al., 2017; LISSAU et al., 2015). Pesquisas demonstram que o CS e o excesso de peso afetam de forma negativa a saúde da população (BIDDLE; GARCÍA BENGOCHEA; WIESNER, 2017), principalmente pela redução do nível de atividade física infanto-juvenil ocasionada pelos avanços tecnológicos e fatores socioeconômicos (DIAS; LOCH; RONQUE, 2015), fatores que contribuíram para que o excesso de peso se tornasse problema nessa faixa etária (HANSEN et al., 2016).

Dessa forma, o excesso de peso, bem como fatores ambientais relacionados à inatividade física e o comportamento sedentário podem contribuir para baixos níveis de aptidão física. Em específico, a APCR é uma medida de saúde com alta relevância clínica, principalmente em crianças e adolescentes, sendo este tema que será abordado no próximo tópico.

2.2 APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA

2.2.1 Definição e classificação

A APCR, é um dos componentes da aptidão física que se refere à condição do sistema cardiovascular e respiratório, que reflete a eficiência dos pulmões, coração, vascularização e musculo esquelético em distribuir e utilizar oxigênio durante atividade física ou exercício (POZUELO-CARRASCOSA et al., 2017). A APCR é reconhecida como forte preditor de risco para doenças cardiovasculares, comorbidades relacionadas a síndrome metabólica e morte de todas as causas (CASTRO-PIÑERO et al., 2017). Dessa forma, é uma das mais importantes medidas de saúde, que proporciona informações relevantes para diagnóstico e prognóstico (RUIZ et al., 2015). Portanto, é relevante instrumento para a eficiência terapêutica, além disso, possibilita a prescrição de exercícios individualizada (ARENA; CAHALIN, 2014). Crianças que apresentam baixa APCR tendem a manter esta condição ao longo dos

anos e no decorrer da vida adulta (LANG et al., 2018). A baixa APCR pode contribuir para o aumento do risco de desenvolver doenças cardiovasculares e outras condições que podem levar à diminuição da qualidade de vida e longevidade (BOCCHI, 2013; MAYORGA-VEGA; AGUILAR-SOTO; VICIANA, 2015).

O consumo de oxigênio (VO_2) é considerado o principal índice para avaliar a APCR (LAMBRICK et al., 2017). O VO_2 pode ser apresentado por duas terminologias, o pico do VO_2 (VO_{2pico}) ou VO_2 máximo (VO_{2max}) (WHIPP, 2010). Embora tenham sido usado como sinônimos, estes termos apresentam distinções nos métodos de obtenção da medida (POOLE; JONES, 2017). O VO_{2pico} é a medida de fácil distinção, sendo determinado pelo maior valor de VO_2 obtido em um teste de esforço, enquanto que, o VO_{2max} é determinado pelo “platô” do VO_2 , que exige demonstração de que o VO_2 não continue a aumentar ou aumente em pequenos valores, apesar do aumento da intensidade do teste de esforço (WHIPP, 2010).

Entretanto, como projetado em estudos clássicos da década de 50, o diagnóstico de VO_{2max} consiste uma série de testes de esforço constante, progressivamente crescente, realizados em diferentes dias ou em distintos momentos do dia (MITCHELL; SPROULE; CHAPMAN, 1958; TAYLOR; BUSKIRK; HENSCHER, 1955). Poole e Jones, (2017), sugerem que o diagnóstico do VO_{2max} , não deve ser caracterizado a partir de variáveis secundárias como FC_{max} , coeficiente respiratório (RER) $\geq 1,0$ ou máximo lactato sanguíneo, uma vez que estes parâmetros podem ser influenciados de acordo com a amostra examinada. Segundo os autores, o VO_{2max} deve ser diagnosticado por meio limiar entre o VO_2 e o parâmetro de desempenho validado em dois testes de esforço (POOLE; JONES, 2017). Dessa forma, embora durante um único teste de esforço o “platô” do VO_2 seja demonstrável, o que justificaria o uso do termo VO_{2max} , entretanto, sugere-se que o valor deveria ser caracterizado apenas como o VO_{2pico} (WHIPP, 2010).

No entanto, muitas vezes as crianças e adolescentes não atingem um “platô” de VO_2 evidente, apesar de indicarem que atingiram seu limite de tolerância durante o teste de esforço (PIANOSI et al., 2017). Portanto, para população pediátrica, utiliza-se o VO_{2pico} (LAMBRICK et al., 2017). O VO_{2pico} pode ser expresso tanto em valores absolutos definido em litros por minuto ($VO_{2pico}L/min$), quanto por valores relativos à massa corporal ($VO_{2pico}MC$) e massa livre de gordura ($VO_{2pico}MLG$), definido em mililitros de oxigênio por quilograma por minuto ($ml/kg/min$) (ARENA; CAHALIN,

2014). O $VO_{2pico}MC$ é conhecido como proporção padrão, que busca minimizar os efeitos do tamanho corporal (HANSEN et al., 2014).

Rodrigues et al. (2006) realizaram estudo, que propôs determinar valores de classificação dos níveis de APCR de crianças e adolescentes brasileiros, em que os autores classificaram a APCR com base no $VO_{2pico}MC$ e estratificado por sexo. Dessa forma, a proposta do estudo foram as classificações em ml/kg/min para meninas como muito fraca (<33), fraca (33,0-36,4), regular (36,5-38,7) boa (38,8-42,4) e excelente ($\geq 42,5$). E para meninos, muito fraca (< 38,7), fraca (38,7-43,3), regular (43,4-47,9), boa (48,0-52,2) e excelente ($\geq 52,3$).

Portanto, diante da importância de mensurar a APCR em crianças e adolescentes, vários aspectos relacionados ao estilo de vida podem influenciar seus valores. Assim, a seguir são apresentados os principais fatores que podem afetar a APCR de forma direta ou inversa, sendo que nessa variável os fatores também podem ser denominados como influenciar de forma positiva ou negativa, pois aumentar a APCR é o objetivo em qualquer faixa etária.

2.2.2 Fatores que influenciam a aptidão cardiorrespiratória

A APCR está relacionada com vários fatores, que podem influenciá-la de forma positiva ou negativa (PEREIRA; BERGMANN; BERGMANN, 2016). Variáveis antropométricas, biológicas e de estilo de vida apresentam diferentes influências para a APCR, algumas de forma positiva, em que a medida em que colaboram para maiores valores de APCR (ARMSTRONG; WELSMAN, 2001; GORAN et al., 2000; PIENAAR; COETZEE; MONYEKI, 2015), outras de forma negativa que provocam a redução da APCR (GOMES; CARLETTI; PEREZ, 2014; MOREIRA et al., 2011; RONQUE et al., 2010). Portanto, analisar esses fatores torna-se relevante para melhor entendimento do comportamento da APCR em indivíduos com características distintas.

Estudos apontam a variável sexo como determinante para os valores de VO_{2pico} (SANTOS et al., 2011; SOARES et al., 2014), em que são observados maiores valores de APCR nas amostras masculinas do que nas femininas, fator que se torna mais evidente com o avanço da idade. Assim, cada sexo possui características únicas, indicando que a APCR pode ser afetada de maneiras distintas de acordo com as variáveis analisadas, ou seja, determinada variável pode impactar positivamente em

um sexo e negativamente no outro e vice-versa (PEREIRA; BERGMANN; BERGMANN, 2016; RAMÍREZ-VÉLEZ et al., 2018). Dessa forma, variáveis como a faixa etária, EMS, bem como aspectos relacionados a composição corporal e variáveis de estilo de vida são fatores que apresentam consequências diferenciadas aos níveis de APCR.

A faixa etária é considerada variável preditora eficiente da APCR e foi incluída em várias equações preditivas (BURNS et al., 2015; MAHAR et al., 2011). Além disso, a faixa etária foi frequentemente utilizada para caracterizar o perfil da aptidão física em adolescentes (MINATTO; PETROSKI; SILVA, 2013). Em meninas, é evidenciado que a idade cronológica pode afetar negativamente os níveis de APCR, ou seja, com o avanço da idade ocorre redução significativa do $VO_{2\text{picoMC}}$ (MINATTO et al., 2016). Por outro lado, em meninos é demonstrado que os níveis de APCR são afetados positivamente no avanço da idade (SANTOS et al., 2011).

No entanto, na adolescência ocorrem várias alterações físicas, psíquicas e sociais (MINATTO; PETROSKI; SILVA, 2013). Dentre as alterações físicas, há aumento da gordura corporal nas meninas e da massa livre de gordura nos meninos, em consequência da ação dos hormônios sexuais (MINATTO; PETROSKI; SILVA, 2013). Estas mudanças ocorrem na fase denominada puberdade (LOURENÇO; BRUNI QUEIROZ, 2010). Embora os estágios de maturação sexual (EMS) estejam relacionados com a idade cronológica, é comum que adolescentes de diferentes faixas etárias apresentem o mesmo EMS (LOURENÇO; BRUNI QUEIROZ, 2010).

Sendo assim, a maturação biológica tem se apresentado como variável importante em estudos com adolescentes (VENANCIO et al., 2018), pois representa as diferenças no perfil hormonal, responsável pelo desenvolvimento das características sexuais secundárias, que diferenciam a fase de maturação que se encontram as crianças e os adolescentes (LOURENÇO; BRUNI QUEIROZ, 2010). As características secundárias mais utilizadas para determinar o EMS são as fases de desenvolvimento da pilificação pubiana, do desenvolvimento mamário e do desenvolvimento gonadal (TANNER, 1986). Segundo Tanner (1986), os estágios de maturação sexual são classificados em estágios que variam do 1 (pré-púbere) ao 5 (pós-púbere).

Portanto, adolescentes em diferentes estágios púberes tendem a mostrar características de aptidão física diferentes (SOARES et al., 2014), o que pode interferir no desempenho físico (VENANCIO et al., 2018). Estudos, demonstram efeitos

positivos entre o avanço da maturação sexual e o $VO_{2\text{pico}}\text{MC}$ em meninos (CUNHA et al., 2011, BATISTA et al., 2017), que pode chegar a 50% maiores do que em meninas (VENANCIO et al., 2018). Por outro lado, meninas demonstram os níveis de APCR serem afetados negativamente em diferentes EMS, comumente evidenciando redução do $VO_{2\text{pico}}\text{MC}$ ao passo em que o estado de maturação sexual avança (SANTOS et al., 2011; MINATTO; PETROSKI; SILVA, 2013).

Além de aspectos biológicos, outro fator que tem íntima relação com a APCR em adolescentes são os componentes da composição corporal, que incluem a massa livre de gordura (MLG) e os índices de adiposidade tais como o IMC, CC e %MG. As variáveis da composição corporal, quando com valores elevados podem afetar de forma positiva ou negativa a resistência aeróbia do indivíduo. Como exemplo, a MLG tende a influenciar positivamente a APCR (PIENAAR; COETZEE; MONYEKI, 2015; VENANCIO et al., 2018), enquanto que os indicadores de adiposidade podem influenciar a APCR negativamente (BORFE et al., 2017).

Estudos demonstram que a massa livre de gordura pode ser relevante preditor do $VO_{2\text{pico}}\text{MC}$ (GORAN et al., 2000; ARMSTRONG; WELSMAN, 2001; PIENAAR; COETZEE; MONYEKI, 2015; VENANCIO et al., 2017), que pode influenciar positivamente em até 59% a APCR em adolescentes (PIENAAR; COETZEE; MONYEKI, 2015). Segundo Pienaar, Coetzee e Monueki (2015), indivíduos com MLG elevada poderiam atingir melhor oxigenação, que contribuiria para melhor capacidade e eficiência muscular durante um exercício de esforço, que por sua vez, colaboraria para o aumento da APCR. Portanto, a MLG pode ser importante preditor em adolescentes masculinos, uma vez que, meninos tendem a aumentar a concentração de MLG no decorrer dos estágios de maturação pela ação hormonal (MINATTO; PETROSKI; SILVA, 2013).

Por outro lado, o IMC tende a influenciar a APCR de forma ampla, que pode explicar de 30 a 34% da variância do $VO_{2\text{pico}}\text{MC}$ (SAINT-MAURICE et al., 2014). Nesse sentido, indivíduos com excesso de peso tendem a apresentar menores valores de $VO_{2\text{pico}}\text{MC}$ em comparação com indivíduos eutróficos (GOMES; CARLETTI; PEREZ, 2014). Estudos apontam, que %MG elevada apresenta influência negativa para a APCR em adolescentes (BORFE et al., 2017; BURNS et al., 2015; RONQUE et al., 2010). Nesses estudos, observam-se que indivíduos com níveis elevados de APCR apresentavam menores valores de porcentagem de %MG. Dessa forma, a %MG pode ser relevante preditor da APCR em adolescentes, uma vez que, meninas

tendem a aumentar a %MG no decorrer dos estágios de maturação, enquanto que em meninos é observado o oposto (MINATTO; PETROSKI; SILVA, 2013). Além disso, resultados similares foram identificados com a medida de CC, que demonstrou associação inversa com o $VO_{2\text{picoMC}}$ para ambos os sexos (MCDONALD et al., 2016).

Em indivíduos com excesso de peso pode ocorrer limitação do $VO_{2\text{picoMC}}$, agravando ainda mais esta condição (BORFE et al., 2017). Nesse sentido, Arena e Cahalin, (2014) descrevem que os músculos responsáveis pela função de inspiração e expiração mesmo na ausência de doença pulmonar, é potencialmente comprometida como resultado direto da obesidade. Ainda, a função musculoesquelética em específico a função mitocondrial, também tem sido reportada ser negativamente alterada nos nesta população (HOLLOWAY; BONEN; SPRIET, 2008).

O estilo de vida está significativamente associado ao aumento dos índices de adiposidade e a diminuição do condicionamento físico em adolescentes (CARSON et al., 2016). Segundo Kulinski et al. (2014) a diminuição do condicionamento físico está associada com tempo elevado em CS e pouco tempo em atividades físicas moderadas e vigorosas. Os achados dos autores, demonstram que o comportamento sedentário é fator determinante da baixa APCR. A avaliação da APCR em indivíduos com excesso de peso possui importante significância clínica, pois é considerado altamente prognóstico, que permite definir indivíduos com maior risco para eventos adotados, bem como proporciona implicações importantes para a avaliação da aptidão física essencial para tarefas ocupacionais (ARENA; CAHALIN, 2014). Além disso, a obesidade é relacionada com a alteração dos marcadores de inflamação sistêmica, que são fortes preditores de doença cardiovascular e mortalidade, e níveis elevados de APCR estão inversamente associados ao processo inflamatório (MCAULEY; BEAVERS, 2014).

Vários estudos relatam que adolescentes obesos com baixo nível de atividade física tendem a apresentar elevação nos marcadores inflamatórios como Proteína C-Reativa, Interleucina 6 e fator de necrose tumoral (TNF- α) (GLEESON et al., 2011; LOPES et al., 2016). Esses componentes podem ser produzidos pelo tecido adiposo ou hepático (GREGOR; HOTAMISLIGIL, 2011). A elevação dos marcadores inflamatórios produz processo inflamatório sistêmico de baixo grau, que tem sido associado com o desenvolvimento de resistência à insulina, aterosclerose e o crescimento de tumores (GLEESON et al., 2011). Mcauley e Beavers (2014)

descrevem os benefícios do nível da APCR no combate de doenças cardiovasculares. Nesse estudo, os autores destacam que indivíduos com alta APCR tendem a apresentar menor inflamação sistêmica e maior concentração da citocina anti-inflamatória adiponectina (MCAULEY; BEAVERS, 2014).

No estudo realizado por Rana et al. (2006), foi identificado que indivíduos com baixos níveis de APCR apresentavam 13,5% mais glóbulos brancos do que aqueles com alta APCR. Segundo os autores, a contagem de glóbulos brancos é instrumento barato e confiável indicador de resposta celular à inflamação sistêmica (RANA et al., 2006). Sendo assim, a prática de exercícios físicos demonstra atuar de forma benéfica para reduzir o excesso de peso e atuar benéficamente no perfil inflamatório, enquanto aumenta os níveis de aptidão física (LOPES et al., 2016; RACIL et al., 2016).

Portanto, o aumento do nível de atividade física, principalmente em atividades de intensidade moderada à vigorosa, combinada com a redução do tempo em CS proporciona efeitos benéficos à saúde e promove influência positiva nos níveis de APCR (BORFE et al., 2017). Estudos com intervenção de exercícios, observaram aumento significativo do $VO_{2picoMC}$ em adolescentes de ambos os sexos com excesso de peso (LEITE et al., 2018; PIZZI et al., 2017). Dessa forma, a prática de atividades físicas em conjunto com alimentação saudável têm sido recomendados como meio de combate de diversas doenças, além de proporcionar modificações benéficas em relação à composição corporal, perfil lipídico, aptidão física e diminuição da massa gorda (LEITE et al., 2009, 2018; PIZZI et al., 2017).

Dessa forma, existe a preocupação se as crianças e adolescentes estão realizando atividades físicas em quantidade suficiente, tendo em vista que o nível de atividade física é fator importante para melhor capacidade cardiorrespiratória (BORFE et al., 2017). A avaliação da VO_{2pico} pode ser realizada por diversos métodos (MAYORGA-VEGA; AGUILAR-SOTO; VICIANA, 2015), sendo que no próximo tópico serão apresentados os principais métodos diretos e indiretos para avaliar a APCR.

2.2.3 Métodos diretos e indiretos para mensurar a APCR

Desde a década de 1980, vários métodos surgiram para mensurar a VO_{2pico} (CASTRO-PINERO et al., 2010). Dessa forma, o VO_{2pico} pode ser mensurado por métodos diretos com a utilização de análises ergoespirométricas em testes máximos conduzidos em laboratório em diferentes ergômetros ou em campo com a simulação

da atividade desportiva (ARENA; CAHALIN, 2014; MAYORGA-VEGA; AGUILAR-SOTO; VICIANA, 2015). Por questões de acessibilidade e baixo custo, o $VO_{2\text{pico}}$ também pode ser avaliado por meio de testes indiretos, que utilizam de equações preditivas para calcular o $VO_{2\text{picoMC}}$ são frequentemente utilizados em estudos com base populacional (PESCATELLO; MEDICINE., 2014).

Segundo Arena et al. (2014) os métodos diretos permitem melhor avaliação compreensiva sobre a APCR, geralmente com a capacidade de monitorar durante o exercício avaliações eletrocardiográficas, pressão arterial, frequência cardíaca e sintomas subjetivos ao passo em que coleta a ventilação de gases expirados de maneira precisa. Isto habilita maior precisão quantitativa da capacidade aeróbica, bem como detectar anormalidades na função pulmonar (ARENA; CAHALIN, 2014).

No entanto, os métodos diretos apresentam desvantagens para estudos com grandes populações como alto custo e a necessidade de equipamentos sofisticados, que demandam de complexo manuseio, e dessa forma, solicitando profissionais especializados para realizar a avaliação. Além disso, exigiria maior tempo para a coleta de dados, delongando estudos com grandes populações (MAYORGA-VEGA; AGUILAR-SOTO; VICIANA, 2015). Como alternativa, os métodos indiretos tornam-se opções interessantes, pois geralmente demandam baixo custo, uma vez que, não requerem analisadores de gases sofisticados, e podem ser facilmente conduzidos em campo ou em ergômetros (BATISTA et al., 2017).

Nos testes de campo, ocorre a possibilidade de avaliar grande número de pessoas simultaneamente, reduzindo o tempo de realização de epidemiológicos, além do fato do avaliado realizar o exercício em ambiente natural, no qual está habituado (HAMLIN et al., 2014). Os protocolos de campo para avaliação da APCR normalmente são realizados por meio de exercícios de corrida, caminhada, natação ou ciclismo, em protocolos de velocidade progressiva, contínuos ou intermitentes, por distância ou tempo pré-estabelecido, registrando medidas de desempenho atingido pelo avaliado ao apresentar exaustão voluntária (GUEDES; GUEDES, 2006).

Devido a relevância de estudos relacionados a aptidão física na população infanto-juvenil, várias baterias de testes de campo foram criadas para avaliar a aptidão física (CASTRO-PINERO et al., 2010). Dentre elas, pode-se mencionar a bateria Physical Best, EUROFIT, FITNESSgram, PCHF entre muitas outras (CASTRO-PINERO et al., 2010). No que diz respeito aos testes de campo, diferentes protocolos compõe as várias baterias existentes (BATISTA et al., 2017). A revisão sistemática

realizada por Batista et al. (2017) identificou nove protocolos de campo mais usados, destacam-se o SR-20m, testes de corrida/caminhada de 0.5 milha, 1 milha, 1 milha de caminhada, teste submáximo de 1 milha e corrida de 550 metros, além de testes realizados por tempo de corrida/caminhada de 6, 9 e 12 minutos.

Na literatura, há muito se discute a aplicabilidade e exatidão dos protocolos de campo para avaliar a APCR. Portanto, para um teste indireto ser considerado adequado, deve apresentar boa validade, ou seja, ser preciso ao avaliar a variável em que propõe mensurar (BATISTA et al., 2017). A validade de um teste de campo se dá pelo valor em que seus resultados se correlacionam com a medida realizada em um método direto (SARTOR et al., 2013). Consequentemente, é importante considerar o nível de precisão tanto do protocolo de campo, quanto da equação preditiva empregada (SARTOR et al., 2013).

Nesse sentido, no estudo de Batista et al. (2017) os protocolos de campo foram avaliados com relação a sua validade. Dessa forma, o estudo concluiu que o teste SR-20m é um dos protocolos mais usados no público infanto-juvenil demonstrando maior nível de evidência, que pode ser o protocolo mais apropriado para mensurar a APCR em crianças e adolescentes. Estes achados, foram identificados em outros estudos (CASTRO-PINERO et al., 2010; MAYORGA-VEGA; AGUILAR-SOTO; VICIANA, 2015).

O SR-20m é considerado um protocolo simples, necessita de poucos equipamentos, pode ser executado em ambientes com pouco espaço, ainda, possibilita a avaliação de vários indivíduos ao mesmo tempo, o que pode aumentar a motivação dos participantes (TOMKINSON et al., 2016). Além disso, possui como característica o aumento progressivo da velocidade em estágios, aspecto similar a métodos realizados em diferentes ergômetros, que demonstra ser um modelo mais apropriado para crianças e adolescentes (LAMBRICK et al., 2017). No próximo capítulo, será apresentada uma abordagem literária de discussão sobre o teste SR-20m, compreendendo as diversas equações desenvolvidas para este protocolo, bem como promover análise sobre as variáveis preditoras do $VO_{2\text{picoMC}}$ em adolescentes com excesso de peso.

2.3 TESTE *SHUTTLE RUN* DE 20 METROS

O SR-20m foi criado e apresentado por Leger et al. (1984) inicialmente para a população adulta e posteriormente para crianças e adolescentes (LÉGER et al., 1988). O SR-20m tem sido um dos protocolos de campo mais usados em crianças e adolescentes (CASTRO-PINERO et al., 2010). Este protocolo é considerado um teste de simples administração, com baixo custo, que pode ser executado em ambientes com pouco espaço, ainda, possibilita a avaliação de vários indivíduos ao mesmo tempo, o que pode aumentar a motivação dos participantes (TOMKINSON et al., 2016). Uma revisão sistemática que incluiu cerca de 319 mil crianças e jovens de 32 países demonstrou que o desempenho alcançado no SR-20m foi diretamente relacionado com indicadores de saúde em crianças e adolescentes (LANG et al., 2018).

O SR-20m consiste em estágios contínuos de aproximadamente 1 minuto com velocidade progressiva de corrida, no qual, o indivíduo deve correr entre duas linhas separadas por 20 metros enquanto seguem o sinal de um áudio emitido pré-gravado. A velocidade inicial é 8,5km/h, e aumenta de 0,5km/h por estágio, alcançando até 18,0km/h aos 20 minutos de teste. O teste termina quando o participante não alcança a linha demarcada com o sinal do áudio em duas ocasiões consecutivas (LÉGER et al., 1988).

Nas últimas décadas, o SR-20m foi incluído em várias baterias de testes de aptidão física como EUROFIT e FITNESSGRAM (TOMKINSON et al., 2016), o que provocou a necessidade de vários estudos aprimorar equações preditivas do $VO_{2picoMC}$ por meio deste protocolo para a população infanto-juvenil (RUIZ et al., 2009; SAINT-MAURICE et al., 2015). Para isso, equações foram desenvolvidas com a utilização de modelos matemáticos de regressão ou redes neurais artificiais, incluindo características biológicas como idade, sexo, massa corporal e informações do desempenho alcançado no teste (MAHAR et al., 2011; RUIZ et al., 2008).

Em recente revisão sistemática que analisou os estudos que elaboraram e validaram equações para calcular o $VO_{2picoMC}$ em crianças e adolescentes a partir do SR-20m (MENEZES-JUNIOR; JESUS; LEITE, 2019). O estudo correspondeu à 18 estudos sobre o tema e 15 equações publicadas, sendo que duas foram classificadas com forte nível de evidência (LÉGER et al., 1988; MATSUZAKA et al., 2004), três com evidência moderada (BARNETT; CHAN; BRUCE, 1993; MATSUZAKA et al., 2004;

RUIZ et al., 2008) e dez com evidência limitada (BARNETT; CHAN; BRUCE, 1993; BURNS et al., 2016; MAHAR et al., 2006, 2011; QUINART et al., 2014; SILVA et al., 2012a).

Na década de 1980, Léger et al. (1988), propôs a primeira equação de predição do $VO_{2\text{pico}}MC$ específica para crianças e adolescentes. Nesse modelo foram usadas as variáveis de faixa etária e o a velocidade máxima final (VF) (Km/h) atingido no teste SR-20m. No estudo, os autores citam que não foi identificado as variáveis de sexo, altura ou peso como fortes preditores.

Mais tarde, no início da década de 90, Barnett, Chan e Bruce (1993), lançou três modelos de equação para crianças e adolescentes. Desta vez, os autores averiguaram o nível de predição de várias medidas incluindo variáveis de sexo, faixa etária, massa corporal (MC), dobra cutânea tricipital e a VF atingida no teste SR-20m. Na primeira equação (Barnett et al., 1993 (a)), utilizou as variáveis sexo, MC e VF, segundo modelo (Barnett et al., 1993 (b)), foi considerado as variáveis de faixa etária, sexo e VF e por fim, no terceiro modelo (Barnett et al., 1993 (c)), incluiu as variáveis sexo, dobra cutânea tricipital e VF.

Enquanto que, no início século XXI três estudos propuseram equações de predição por meio do teste SR-20m e, crianças e adolescentes eutróficos (MAHAR et al., 2006; MATSUZAKA et al., 2004; RUIZ et al., 2008). Em 2004, Matsuzaka et al. (2004), propôs duas equações, sendo o primeiro autor a incluir as variáveis de IMC e número de voltas atingidas no teste. Em sua primeira equação (Matsuzaka et al., 2004 (a)), empregou variáveis de sexo, faixa etária, IMC e VF e na segunda equação (Matsuzaka et al., 2004 (b)), utilizou as variáveis sexo, faixa etária, IMC e Número de voltas. Dois anos depois, Mahar et al. (2006) também idealizou dois modelos de equação, no primeiro modelo (Mahar et al., 2006 (a)) incluíram na fórmula sexo, NÚMERO DE VOLTAS e MC e no segundo (Mahar et al., 2006 (b)) considerou as variáveis de sexo, faixa etária, IMC e NÚMERO DE VOLTAS, respectivamente. No fim da década, Ruiz et al. (2008), propôs um modelo matemático diferenciado dos autores anteriores, desta vez utilizando métodos de redes neurais artificiais (RNA). Nesse modelo, o autor incluiu diferentes variáveis como sexo, faixa etária, MC, estatura e estágio final atingido no SR-20m.

Por fim, nos últimos oito anos, quatro estudos procuraram propor equações preditoras em amostras infanto-juvenis (MAHAR et al., 2011; QUINART et al., 2014; SILVA et al., 2012a). Mahar et al. (2011) sugeriu novo modelo equacional (Mahar et

al., 2011 (q)), dessa vez empregando variáveis de sexo, IMC, NÚMERO DE VOLTAS e NÚMERO DE VOLTAS ao quadrado. Em 2012, Silva et al. (2012), propôs dois modelos de equação. O primeiro modelo (Silva et al., 2011 (a)) utilizou as variáveis de sexo, IMC e estágio, enquanto que o segundo modelo (Silva et al., 2011 (b)), por meio do modelo matemático de RNA, incluiu as variáveis de MC, estatura, IMC, sexo e faixa etária. Em 2014, Quinart et al. (2014), sugeriu a primeira equação específica para adolescentes obesos, utilizando as variáveis de sexo, faixa etária, IMC e VF. Por último, Burns et al. (2015), lançou uma equação simplificada, com as variáveis de faixa etária e NÚMERO DE VOLTAS.

Ao passo em que as equações foram criadas, vários estudos apresentaram como intenção avaliar as fórmulas propostas em validação cruzada, comparando os valores de $VO_{2\text{picoMC}}$ mensurado em métodos diretos e o calculado pelos modelos (BATISTA et al., 2013; BOIARSKAIA et al., 2011; ERNESTO et al., 2015; LIU; PLOWMAN; LOONEY, 1992; MAHAR et al., 2006, 2011; MELO et al., 2011; PITETTI; FERNHALL; FIGONI, 2002; QUINART et al., 2014; RUIZ et al., 2009, 2008; SAINT-MAURICE et al., 2015; SILVA et al., 2012b; SUMINSKI et al., 2004).

No entanto, pouco se sabe sobre a validade e precisão das equações atualmente disponíveis na literatura, em crianças e adolescentes com excesso de peso, uma vez que a grande maioria dos estudos que abordaram o respectivo tema, não especificaram o estado nutricional da amostra. Na tabela 1, são apresentadas as respectivas equações encontradas, bem como detalhes sobre as amostras tanto dos estudos que criaram equações quanto os que realizaram validação cruzada.

Como citado anteriormente, apenas um estudo desenvolveu uma equação em adolescentes com obesidade (QUINART et al., 2014). Nesse estudo, os autores utilizaram o teste SR-20m adaptado, reduzindo a velocidade inicial do teste, de 8.5km/h para 4 km/h. Segundo os autores, isto deve-se ao fato de que os obesos atingiram velocidade máxima média de 7,9 km/h, correspondendo a velocidade de 1,6 km/h mais lenta do que a velocidade de partida recomendada para o teste original de 20 m shuttle, sugerindo que é necessário para reduzir a velocidade de partida para diminuir o ritmo geral durante todo o teste (QUINART et al., 2014)

Trinta adolescentes obesos com idades entre 12 e 17 anos participaram do estudo. Esse foi o primeiro estudo a desenvolver uma equação considerando a população com obesidade. Os achados dos autores mostram nível correlacional significativo de $r=0.77$, incluindo em sua equação variáveis de sexo, faixa etária, IMC

e VF na equação (QUINART et al., 2014). Evidências mostram que a utilização de mais de uma característica da amostra como sexo, massa corporal, estatura ou índice de massa corporal nas equações tendem a exercer maiores valores de associação com o $VO_{2picoMC}$ (PIENAAR; COETZEE; MONYEKI, 2015; SAINT-MAURICE et al., 2014). Por outro lado, como observado, os valores do $VO_{2picoMC}$ podem ser distintamente influenciados ao depender das características da amostra analisadas, principalmente relacionadas aos fatores de estilo de vida como nível de atividade física, fatores biológicos como o EMS e sexo, bem como pelos componentes da composição corporal e índices de obesidade, que inclui a MLG, %MG, IMC e CC.

Como relatado anteriormente, a MLG pode ser relevante preditor do $VO_{2picoMC}$ (GORAN et al., 2000; ARMSTRONG; WELSMAN, 2001; PIENAAR; COETZEE; MONYEKI, 2015). Pienaar, Coetzee e Monueki (2015), identificaram que esta variável pode explicar a variação do $VO_{2picoMC}$ em até 59%. Goran et al. (2000), realizaram um estudo com 129 crianças pré-púberes. Nesse estudo os autores observaram fortes valores de correlação de $r=0,87$ entre a massa livre de gordura e o $VO_{2picoMC}$ (GORAN et al., 2000). Nesse contexto, Armstrong e Welsman (2001), descrevem que a massa muscular pode atuar predominantemente influenciando o aumento da APCR em adolescentes masculinos. Especialmente contribuindo progressivamente para aumentar as diferenças do $VO_{2picoMC}$ entre os sexos, uma vez que não somente facilita o uso de oxigênio durante o exercício, mas também aumenta o retorno venoso para o coração por meio do bombeamento muscular periférico (ARMSTRONG; WELSMAN, 2001). No entanto, o uso desta variável em equações ainda não é bem compreendido.

TABELA 1. CARACTERÍSTICAS DAS EQUAÇÕES PREVIAMENTE PUBLICADAS NA LITERATURA. (Continua)

Equação	Estudos	Amostras	Fórmula de predição
Léger <i>et al.</i>	Léger <i>et al.</i> (1998)	(n=188) 8-19 anos	
	Liu <i>et al.</i> (1992)	(n=62) 12-15 anos	
	Barnett <i>et al.</i> (1993)	(n=55) 12-17 anos	
	Pitetti <i>et al.</i> (2002)	(n=61) 8-15 anos	
	Suminski <i>et al.</i> (2004)	(n=125) 10-12 anos	
	Suminski <i>et al.</i> (2004)	(n=81) 10-12 anos	
	Suminski <i>et al.</i> (2004) ^s	(n=44) 10-12 anos	
	Mahar <i>et al.</i> (2006)	(n=135) 12-14 anos	
	Ruiz <i>et al.</i> (2008)	(n=193) 13-19 anos	$VO_{2\text{pico}}MC = 31,025 + (3,238 \times VF) - (3,248 \times FE) + (0,1536 \times VF \times FE)$
	Ruiz <i>et al.</i> (2009)	(n=48) 13-19 anos	
	Boiarskaia <i>et al.</i> (2011)	(n=135) 13 anos	
	Mahar <i>et al.</i> (2011)	(n=244) 10-16 anos	
	Melo <i>et al.</i> (2011)	(n=90) 8-10 anos	
	Silva <i>et al.</i> (2012)	(n=114) 10-18 anos	
Barnett <i>et al.</i> (a)	Batista <i>et al.</i> (2013)	(n=115) 11-13 anos	
	Quinart <i>et al.</i> (2014)	(n=30) 12-17 anos	
	Barnett <i>et al.</i> (1993)	(n=55) 12-17 anos	
	Ruiz <i>et al.</i> (2009)	(n=48) 13-19 anos	
	Mahar <i>et al.</i> (2011)	(n=244) 10-16 anos	$VO_{2\text{pico}}MC = 25,8 - (6,6 \times \text{Sexo}) - (0,2 \times MC) + (3,2 \times VF)$
	Melo <i>et al.</i> (2011)	(n=90) 8-10 anos	
	Batista <i>et al.</i> (2013)	(n=115) 11-13 anos	Sexo = (0 masculino) ou (1 feminino)

TABELA 1. CARACTERÍSTICAS DAS EQUAÇÕES PREVIAMENTE PUBLICADAS NA LITERATURA.

(Continuação)

Equação	Estudos	Amostras	Fórmula de predição
Barnett <i>et al.</i> (b)	Ruiz et al.	(n=48) 13-19 anos	$VO_{2pico}MC = 24.2 - (5.0 \times \text{Sexo}) - (0.8 \times FE) + (3.4 \times VF)$ Sexo = (0 masculino) ou (1 feminino)
	Mahar et al. (2011)	(n=244) 10-16 anos	
	Silva et al. (2012)	(n=114) 10-18 anos	
	Ernesto et al. (2015)	(n=90) 13-17 anos	
Barnett <i>et al.</i> (c)	Barnett et al. (1993)	(n=55) 12-17 anos	$VO_{2pico}MC = 28.3 - 2.1 \times (\text{Sexo}) - 0.7 \times (DCT) + 2.6 \times (VF)$ Sexo = (0 masculino) ou (1 feminino)
	Melo et al. (2011)	(n=90) 8-10 anos	
Matsuzaka <i>et al.</i> (a)	Matsuzaka et al. (2004)	(n=132) 8-17 anos	$VO_{2pico}MC = 25.9 - 2.21 \times (\text{Sexo}) - 0.449 \times (FE) - 0.831 \times (IMC) + 4.12 \times (VF)$ Sexo = (0 masculino) ou (1 feminino)
	Ruiz et al. (2009)	(n=48) 13-19 anos	
	Mahar et al. (2011)	(n=244) 10-16 anos	
	Melo et al. (2011)	(n=90) 8-10 anos	
	Batista et al. (2013)	(n=115) 11-13 anos	
Matsuzaka <i>et al.</i> (b)	Matsuzaka et al. (2004)	(n=132) 8-17 anos	$VO_{2pico}MC = 61.1 - 2.20 \times (\text{Sexo}) - 0.462 \times (FE) - 0.862 \times (IMC) + 0.192 \times (\text{NÚMERO DE VOLTAS})$ Sexo = (0 masculino) ou (1 feminino)
	Mahar et al. (2011)	(n=244) 10-16 anos	
	Melo et al. (2011)	(n=90) 8-10 anos	
Mahar <i>et al.</i> (a)	Mahar et al. (2006)	(n=135) 12-14 anos	$VO_{2pico}MC = 32.56941 + (0.28297 \times \text{NÚMERO DE VOLTAS}) + (3.25225 \times \text{Sexo}) + (0.02961 \times FE)$ Sexo = (1 masculino) ou (0 feminino)
	Boiarskaia et al. (2011)	(n=135) 13 anos	
	Mahar et al. (2011)	(n=244) 10-16 anos	
	Batista et al. (2013)	(n=115) 11-13 anos	
Mahar <i>et al.</i> (b)	Mahar et al. (2006)	(n=135) 12-14 anos	$VO_{2pico}MC = 40.34533 + (0.21426 \times \text{NÚMERO DE VOLTAS}) - (0.79472 \times IMC) + (4.27293 \times \text{Sexo}) + (0.79444 \times FE)$ Sexo = (1 masculino) ou (0 feminino)
	Boiarskaia et al. (2011)	(n=135) 13 anos	
	Mahar et al. (2011)	(n=244) 10-16 anos	
	Burns et al. (2015)	(n=90) 13-16 anos	

Por outro lado, segundo Saint-Maurice et al. (2014), o IMC tende a apresentar ampla influência sobre a aptidão APCR em crianças e adolescentes, que pode explicar de 30 a 34% da variância entre resultados de estimativa do $VO_{2picoMC}$ alcançados em equações preditivas. Nessa perspectiva, equações que não levam em consideração o IMC tendem a superestimar a APCR dos indivíduos em estado nutricional elevado (SAINT-MAURICE et al., 2014). No entanto, em crianças e adolescentes é indicado o uso de IMC-z para avaliar o excesso de peso, que permite a avaliação do estado nutricional com fundamentação em percentis específicos de acordo com a faixa etária (TYSON; FRANK, 2017). De acordo com estes dados, os indivíduos com valores entre os percentis de 85º e 97º são classificados com sobrepeso, enquanto aqueles acima de 97º são classificados como obesos (DE ONIS, 2009).

Devido à crescente prevalência de excesso de peso entre crianças e adolescentes, um estudo utilizou o SR-20m como resultado primário tanto para a avaliação do desempenho físico quanto para as respostas a diferentes programas de treinamento físico (MORAN et al., 2017). Considerando o IMC-z, as crianças com excesso de peso apresentam pior desempenho SR-20m em comparação com indivíduos no peso adequado em idades entre 12 e 18 anos (MORAN et al., 2017).

Dessa forma, além do IMC-z, a medida de CC e %MG por meio de bioimpedância elétrica (BIA), são utilizadas e também podem ser consideradas métodos importantes para avaliar o excesso de peso na população infanto-juvenil (SANT'ANNA; PRIORE; FRANCESCHINI, 2009; SOUZA et al., 2017). Embora ainda não bem compreendido em equações de predição do $VO_{2picoMC}$, estas variáveis demonstram forte associação com a APCR e em crianças e adolescentes (DA SILVA et al., 2010). Evidências mostram que a %MG representa valores de $r=-0.60$ para ambos os sexos, $r=-0.48$ a -0.53 para meninos e $r=-0.24$ a -0.40 para meninas, o que corrobora esta variável ser forte preditor para os meninos e moderado para as meninas (BORFE et al., 2017; BURNS et al., 2015; RONQUE et al., 2010). Com relação a CC, é observado que a magnitude da relação entre a APCR e adiposidade central progride em todos os percentis de CC, de modo que as maiores reduções de CC são identificadas entre indivíduos com maior APCR (PIENAAR; COETZEE; MONYEKI, 2015; MCDONALD et al., 2016).

Além disso, apesar de a idade cronológica tenha sido frequentemente utilizada para caracterizar o perfil da aptidão física, os diferentes EMS tendem a mostrar características de aptidão física diferentes em crianças e adolescentes (MINATTO et al., 2010; SOARES et al., 2014). Assim, o EMS é fator importante a ser observado, pois possui íntima relação com os valores de $VO_{2\text{pico}}MC$ (GEITHNER et al., 2004; VENANCIO et al., 2018). Outra análise observou que os adolescentes com excesso de peso apresentam disposição a maturação precoce quando comparados aos com peso adequado (WANG, 2002). Logo, a avaliação do EMS pode ser mais impactante do que a idade cronológica, especialmente em indivíduos obesos (BORFE et al., 2017).

Portanto, em adolescentes com excesso de peso as variáveis preditoras podem diferenciar significativamente de indivíduos com peso adequado, uma vez que, informações sobre a influência destas variáveis na predição do $VO_{2\text{pico}}MC$ ainda são limitantes. Nesse sentido, características da população infanto-juvenil em cada estudo, principalmente o EMS, sexo e composição corporal, podem interferir no resultado da predição, fatores que precisam ser abordados e analisados para a formulação de uma equação com maior precisão de estimativa em indivíduos com excesso de peso. Portanto, este estudo propõe analisar diferentes variáveis que possam contribuir para melhor predição do $VO_{2\text{pico}}MC$ em adolescentes com excesso de peso, e, desenvolver modelos de equações para adolescentes por meio do teste *Shuttle run* de 20 metros (SR-20m).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa é de natureza aplicada, caracterizada como descritiva correlacional, por explorar a relação entre as variáveis, bem como delineamento transversal (THOMAS; NELSON; SILVERMAN, 2012). As variáveis independentes foram: sexo, faixa etária, EMS, %MG, MLG, CC, NAF-mv e tempo em CS. A variável dependente foi o $VO_{2\text{pico}}\text{MC}$. O estudo foi aprovado pelo comitê de ética da Faculdade Dom Bosco-PR, sob o parecer: 62963916.0.0000.5223 (ANEXO 1).

3.2 POPULAÇÃO E AMOSTRAGEM

No município de Curitiba as instituições educacionais estaduais apresentaram aproximadamente 143.211 matrículas nos níveis de ensino fundamental séries finais e ensino médio no ano de 2016. Dessa forma, com base na seleção amostral probabilística optou-se por determinar a dimensão de 35% de adolescentes com excesso de peso e 15% de adolescentes obesos (MINISTERIO DA SAÚDE; SISVAN, 2017), dessa forma, obteve o número total de 74 adolescentes para inferência da população estudantil na faixa etária estipulada. Incluiu-se 1.2x de sujeitos referente ao efeito de delineamento, levando em consideração o erro amostral de 5% e foram incluídos mais 15% para possíveis desistências, o que estimou *a priori* 102 indivíduos. Entretanto a amostra final foi composta por 115 adolescentes (45 meninas).

Foram incluídos no estudo (a) adolescentes diagnosticados com peso adequado e excesso de peso, de ambos os sexo em proporções equivalentes a amostra obesa; (b) com faixa etária de 10 a 17 anos; (c) matriculados em um colégio da rede estadual de ensino do município de Curitiba-PR; (d) que apresentou interesse e participou de todas as avaliações; (e) que apresentou o termo de consentimento assinado por pais ou responsáveis; e (f) nenhum tratamento relatado relacionado ao uso de medicamentos para hiperinsulinemia, anorexígenos ou outros que poderiam interferir no controle de peso. Não foram incluídos no estudo (a) indivíduos com limitações físicas ou psicológicas que

possam interferir na realização dos instrumentos propostos; (b) que necessitaram do uso de cadeira de rodas; (c) portadores de síndromes, patologias permanentes ou em processo de tratamento; (d) apresentaram coeficiente respiratório (RER) abaixo de 1,0; e (b) que não realizaram teste ergoespirométrico durante o período do estudo.

Os escolares foram convidados a participar da pesquisa por meio de informativos divulgado nas salas de aula e palestras. Tanto os informativos e as palestras foram meios para esclarecer aos pais e responsáveis os objetivos do trabalho, bem como avaliações a serem realizadas durante o decorrer deste trabalho. Posteriormente foram feitas as avaliações nos alunos que aceitaram participar da pesquisa, que assinaram o termo de assentimento livre e esclarecido (TALE) (Apêndice 1) e que apresentem autorização por meio do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice 2) devidamente e previamente assinado pelos pais ou responsáveis.

3.3 INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS

3.3.1 Conduções da pesquisa

No mês de abril de 2018 contatou-se a direção e representantes da instituição educacional, inicialmente via telefone e, em seguida, por meio de reunião presencial, divulgando o objetivo, procedimentos do trabalho e pedindo autorização para a realização do projeto.

Após a autorização do projeto, convidou-se os alunos por meio de divulgações a partir de palestras e informativos circulares. Todas as avaliações foram conduzidas em cinco encontros com os alunos e responsáveis. No primeiro encontro foi realizada avaliação clínica médica, para aferição dos critérios de inclusão. No segundo encontro, durante o período da manhã os alunos em jejum foram avaliados quanto a composição corporal por meio de bioimpedância tetra polar, MC, estatura e CC, bem como preencheram o questionário de NAF e tempo de tela. Posteriormente, os últimos três encontros foram realizados os testes de aptidão cardiorrespiratória *shuttle run* de 20 metros, o intervalo entre os testes SR-20m foi entre 72 horas e 7 dias. Todas os

encontros e avaliações foram em locais disponibilizados e nas dependências da instituição de ensino.

Após todas as avaliações, todos os pais e responsáveis receberam o relatório das atividades individuais de todas as avaliações realizadas pelo filho ou dependente via documento digital (Apêndice 3), e disponibilizados conversas para responder dúvidas com relação aos resultados do aluno. Além disso, foi entregue relatório geral para a equipe pedagógica do colégio, e apresentado em formato de pôster durante a semana pedagógica os resultados gerais do estudo.

3.3.2 Estágio de maturação sexual

O EMS foi aferido por meio de avaliação médica de acordo com o estágio da pilificação pubiana (P1-P5), conforme estadiamento proposto por Tanner (1986) (Anexo 2). Os adolescentes foram identificados como pré-púberes (P1), púberes (P2, P3 ou P4) e pós-púberes (P5).

3.3.3 Avaliação antropométrica

As técnicas utilizadas para a obtenção das medidas antropométricas foram realizadas conforme descrito no livro *Anthropometric Standardization Reference Manual* (LOHMAN; ROCHE; MARTORELL, 1988). As variáveis foram medidas três vezes, considerando-se o valor médio.

A estatura foi aferida em centímetros (cm) por meio de um estadiômetro (marca) com resolução de 0,1 cm. A massa corporal foi expressa em quilogramas (kg) por meio de uma balança digital (marca) tipo plataforma calibrada previamente conforme o INMETRO, com capacidade máxima de 150 kg e resolução de 50 gramas. O diagnóstico de excesso de peso o *Growth reference data for 5-19 years* (DE ONIS, 2009) (Anexos 3 e 4), no qual calculou-se o índice de massa corporal escore z (IMC-z) de acordo com a faixa etária e sexo por meio do *software* WHO Anthro Plus®, versão 1.0.4. Os indivíduos foram classificados em baixo peso (≤ -2), eutrofico (> -2 e ≤ 1), sobrepeso (> 1 e ≤ 2) e obesidade (> 2). O excesso de peso foi determinado quando apresentado $IMC-z > 1$ desvio padrão.

A medida da circunferência da cintura (CC) foi aferida por fita antropométrica flexível e inextensível (resolução de 0,1 cm). Para a avaliação, adolescente estará posicionado em pé, com o abdômen relaxado e os braços ao lado do corpo, assim, os avaliadores posicionarão a fita sobre a pele e na altura das cristas ilíacas, paralelamente ao solo (CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION, 2004). A classificação da CC foi ajustada de acordo com a faixa etária e sexo, consideram-se os valores acima ou iguais ao 75º percentil como excesso de adiposidade central (FERNÁNDEZ et al., 2004).

3.3.4 Composição Corporal

A composição corporal foi avaliada por meio do método de impedância Bioelétrica (BIA), que utilizou analisador tetra polar com frequência de 50khz (Maltron BF906®). O procedimento foi realizado no período da manhã, após jejum de 12 horas. Os transmissores dos eletrodos foram posicionados na superfície dorsal dos pés e das mãos próximos às articulações metacarpo-falangeanas do indivíduo que estará posicionado em decúbito dorsal. Foi calculado a massa livre de gordura (MLG) por meio da equação validada por Houtkooper et al. (1992) e determinada a porcentagem de massa gorda (%MG). A amostra foi classificada, de acordo com as categorias de adiposidade propostas por Lohman (1987), sendo que os adolescentes foram considerados com %MG adequada ($\leq 20,0\%$ para meninos e $\leq 25,0\%$ para meninas) e elevada ($>20\%$ para meninos e $>25\%$ para meninas).

3.3.5 Avaliação do nível de atividade física (NAF) e tempo em comportamento sedentário (CS).

O NAF foi avaliado por meio de questionário recordativo de gasto energético adaptado, desenvolvido por Bouchard et al. (1983) (Anexo 5). Este consistiu por uma ficha composta por um quadro representativo de três dias da semana (dois dias da semana e um final de semana). Foram registradas as atividades diárias predominantes dos adolescentes a cada 15 minutos, sendo possível estimar o gasto energético diário (kcal/dia) bem como o nível de atividade física habitual pela média ponderada dos três dias do recordativo.

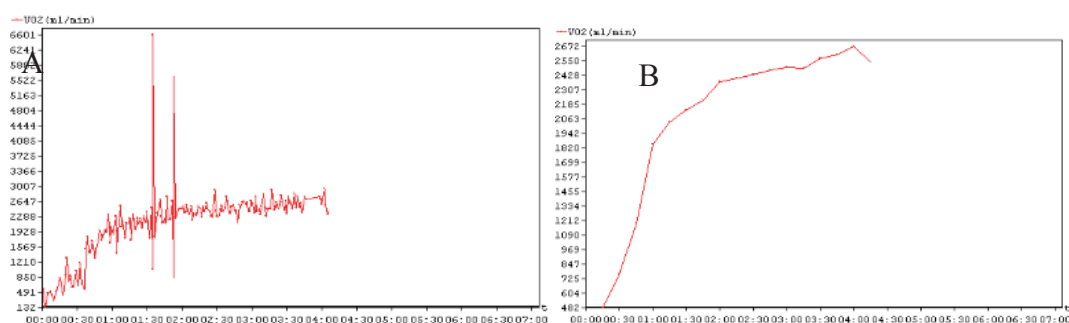
O NAF foi identificado de acordo com o tempo de participação em atividades de intensidade moderada e vigorosa. Os adolescentes foram classificados em >150 minutos, 150-300 minutos ou >300 minutos em atividade física moderada e vigorosa. Foram considerados NAF insuficiente quando a participação em atividades moderadas e vigorosas foi ≤ 300 min. Além disso, com fundamentação no instrumento, os adolescentes foram instruídos a identificar as atividades com e sem o uso de equipamentos eletrônicos incluindo as letras A (sem utilização de equipamentos eletrônicos) ou B (com utilização de equipamentos eletrônicos). O tempo em CS foi extraído a partir do tempo gasto utilizando equipamentos eletrônicos em posição deitada ou sentada. Os indivíduos foram classificados em tempo CS < 2 horas/dia, de 2 a 4 horas/dia ou > 4 horas/ dia em atividades de tela.

3.3.6 Avaliação da aptidão cardiorrespiratória (APCR)

A avaliação da APCR foi realizada por meio do teste SR-20m, que consistiu em estágios contínuos de aproximadamente 1 minuto com velocidade progressiva de corrida até a exaustão, no qual, o indivíduo correu entre duas linhas separadas por 20 metros enquanto seguiu o sinal de um áudio emitido. A velocidade inicial foi 8,5 km/h, e aumentou 0,5 km/h por estágio, alcançando até 18,0 km/h aos 20 minutos de teste (LÉGER; LAMBERT, 1982).

A frequência cardíaca (FC) foi monitorada durante a realização dos testes individuais, por meio de um cardiófrequencímetro (Polar®), sistema portátil de recepção-transmissão wireless. Na análise do VO_2 foi utilizado o analisador metabólico portátil (K4 b², Cosmed), durante uma sessão de teste SR-20m, dessa forma, optou-se por utilizar o termo $\text{VO}_{2\text{pico}}$, uma vez que não houve segunda análise direta para validação e diagnóstico do $\text{VO}_{2\text{max}}$ (POOLE; JONES, 2017; WHIPP, 2010). O $\text{VO}_{2\text{pico}}$ foi determinado após filtragem em intervalos de 15 segundos e identificado pelo maior valor obtido do limiar de VO_2 . Posteriormente o $\text{VO}_{2\text{pico}}$ foi apresentado em unidades absolutas $\text{VO}_{2\text{pico}}\text{L/min}$, e relativas $\text{VO}_{2\text{pico}}\text{MC}$ e $\text{VO}_{2\text{pico}}\text{MLG}$. Na figura 1A é apresentado o gráfico VO_2 com a presença dos artefatos, e a figura 1B está apresentado o gráfico do VO_2 após o emprego da filtragem e identificação do $\text{VO}_{2\text{pico}}$.

FIGURA 1. GRÁFICO DE CONSUMO DE OXIGÊNIO DURANTE O TESTE SR-20M SEM O EMPREGO DE FILTRO (A) E COM O EMPREGO DE FILTRO (B).



Nota: Figura 1A = gráfico de captação do VO_2 sem o uso de filtro; figura 1B = gráfico de captação do VO_2 com o uso de filtro com intervalos de 15 segundos

Os alunos realizaram o teste SR-20m três vezes, entre cada teste teve intervalos mínimos 72 horas e no máximo de sete dias. O primeiro teste foi realizado em grupos de três indivíduos simultaneamente, com a finalidade de familiarização e aprendizado do protocolo. Enquanto que o segundo e terceiro teste foram realizados individualmente, sendo que somente no terceiro teste houve a utilização do equipamento K4b². Em todas as três aplicações do SR-20m, os indivíduos foram incentivados a realizar o máximo de voltas possíveis, e foram constantemente motivados verbalmente. O teste foi encerrado quando a exaustão do indivíduo for confirmada atingido um dos critérios: (1) se o adolescente desejar parar; (3) se o indivíduo não alcançou a linha demarcada ao sinal sonoro por três momentos seguidos; (4) se o participante apresentar sintomas de desconforto. A APCR foi classificação conforme valores estabelecidos por Rodrigues et al. (2006), sendo considerado como APCR fraca, valores de $VO_{2picoMC}$ ($mL.kg^{-1}.min^{-1}$) inferiores a 36,5 para meninas e 43,4 para meninos, enquanto valores acima serão considerados APCR satisfatória.

Além disso, utilizou-se equações para calcular o $VO_{2picoMC}$ por meio de métodos indiretos utilizando diferentes equações presentes na literatura, classificadas com nível de evidência moderada e forte (MENEZES-JUNIOR; JESUS; LEITE, 2019), sendo elas: Léger (LÉGER et al., 1988), Barnett (BARNETT; CHAN; BRUCE, 1993), Ruiz (RUIZ et al., 2011), Matsuzaka (a) e Matsuzaka (b) (MATSUZAKA et al., 2004) (TABELA 1).

3.4 TRATAMENTO DOS DADOS E ESTATÍSTICA

Os resultados de variáveis quantitativas foram apresentados por médias, e desvios padrões, enquanto que a apresentação das variáveis qualitativas foram descritas por frequências e percentuais. A verificação da normalidade dos dados foi realizada pelo teste de *Kolmogorov-Smirnov*. Para analisar diferenças no desempenho dos alunos entre os três testes SR-20m, foi utilizado o modelo estatístico teste de Friedman.

Para comparação dos valores de $VO_{2pico}L/min$, $VO_{2pico}MC$ e $VO_{2pico}MLG$ de acordo com as características da amostra, foi utilizado o procedimento estatístico teste t de *students* para amostras para bi variáveis (sexo, CC e %MG) e análise de variância (ANOVA) de uma via para variáveis multicategóricas (EMS, IMC-z, tempo de tela e NAF-mv). Para verificar diferenças nas proporções de APCR insuficiente utilizou-se o teste χ^2 .

O nível de associação entre o $VO_{2pico}L/min$, $VO_{2pico}MC$ e $VO_{2pico}MLG$ e as variáveis preditoras (IMC-z, CC, %MG, MLG, EMS, sexo, faixa etária decimal, faixa etária em meses, frequência cardíaca máxima atingida no teste em batimentos por minuto (FCmax), NAF-mv e tempo em CS foi obtido por meio da estatística de coeficiente de correlação linear de *Pearson*, de acordo com o estado nutricional. Foram consideradas correlações muito fracas (0,0 – 0,19), fracas (0,20 – 0,39), moderadas (0,40 – 0,59), fortes (0,60 – 0,79) e muito fortes (0,80 – 1,0) (EVANS, 1996).

Para elaboração dos modelos de equações, dois grupos de adolescentes foram divididos para validação e validação cruzada dos modelos. Aproximadamente 80% dos adolescentes foram randomizados para o grupo de validação, enquanto que os outros 20% (n = 24) foram definidos para o grupo de validação cruzada de forma estratificada a partir do estado nutricional.

Os modelos de equação foram desenvolvidos por meio da regressão linear múltipla com princípio hierárquico, no qual inseriu-se ordenadamente as variáveis com maior força associação com a variável dependente e que resultassem em melhor ajuste do modelo ($p < 0,05$), respeitou-se a proporção mínima de variáveis de 1:15 amostras incluídas no modelo. Além disso, analisou-se a interação entre IMC-z*estatura, número de voltas*FCmax e sexo*faixa etária (meses), bem como a fração entre Número de voltas/MC. Para verificar a

autenticidade do modelo, analisou-se as variáveis preditoras poderiam atestar multicolineariedade, não se inseriu variáveis com associações de $r \geq 0,80$. Posteriormente, analisou-se a independência dos resíduos por meio do método *Durbin-Watson*, com validação entre 1,500 e 2,500. Para atestar ausência de *outliers* foi analisado o intervalo dos valores previstos e residuais padronizados, com liberdade de dispersão entre -3,0 e 3,0 desvios padrões. Por fim, observou-se a homocedasticidade do modelo, por meio do gráfico de valores previstos (eixo x) e resíduos (eixo y) padronizados.

Para verificar a similaridade dos valores médios entre o $VO_{2picoMC}$ calculado e medido, foi utilizada a ANOVA de uma via com medidas repetidas. Quando observado diferenças, foi utilizado o post-hoc de Fisher para identificá-las.

Os modelos foram testados quanto ao desempenho preditivo, tanto para a validação cruzada dos modelos, quanto para as comparações com as outras equações previamente publicadas na literatura, no qual foram obtidos os valores de intercepto e inclinação de reta, coeficiente de correlação linear de *Pearson* (r), o coeficiente de determinação (R^2), erro padrão de estimativa (EPE) e o coeficiente de variação (CV) calculado pelos valores individuais preditos dado pela fórmula: $CV = ((\text{erro padrão de estimativa} / \text{média do } VO_{2picoMC} \text{ calculado}) \times 100)$. Além disso, foram avaliadas quanto a precisão preditiva a partir do viés residual determinado os resíduos ($VO_{2picoMC}$ medido – $VO_{2picoMC}$ calculado) e a partir da média e desvio padrão residual foi determinado o viés de predição com intervalos de confiança (1,96, -1,96) (BLAND; ALTMAN, 1986).

Por fim, as equações foram examinadas quanto a concordância entre os modelos e a variável dependente, que para tanto, foi empregado a análise de regressão residual (O'CONNOR et al., 2011). Na análise associou-se os valores residuais com os valores preditos pelo modelo. Posteriormente, foi obtida a reta de tendência por meio da associação entre os resíduos e o $VO_{2picoMC}$ calculado, sendo que a equação foi considerada inadequada quando apresentou tendência de resíduos significativa.

As análises do grupo de validação cruzada foram procedidas para a amostra total e classificada com excesso de peso. Enquanto foram realizadas para todos os modelos equacionais as análises, estratificados por estado nutricional e sexo. O nível de significância estabelecido foram de $p < 0,05$ para

todas as análises. As análises de dados foram realizadas com o pacote estatístico *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS, versão 24.0).

3.4.1 Controle de qualidade dos dados

O controle de qualidade dos dados antropométricos foi realizado por meio da medida de erro técnico de medida (ETM), expresso pelo desvio-padrão entre medidas repetidas. Para tanto, foi realizado o cálculo ETM intra-avaliador e proposto por Perini et al. (2003). A avaliação intra-avaliador indica a variação das medidas repetidas em uma mesma pessoa (PERINI et al., 2003).

Para se obter o ETM intra-avaliador, o pesquisador realizou duas medidas não consecutivas de cada variável antropométrica (CC e estatura), em 18 adolescentes. Em seguida, foi determinado a diferença entre a primeira e a segunda medida, de todos os avaliados para cada variável mensurada para aplicação da equação 1:

$$ETM(\text{absoluto}) = \sqrt{\frac{\sum d_i^2}{2n}}$$

equação (1)

$\sum d^2$ =somatório dos desvios²; n = número de avaliados; i = número de desvios.

Para obter a medida ETM relativo, foi aplicado a equação 2:

$$ETM(\text{relativo}) = \frac{ETM}{VMV} \times 100$$

ETM = erro técnico da medida (%); VMV = valor médio da variável.

Após a obtenção do ETM relativo, o avaliador obteve ETM_{relativo} de 0,67% para a mensuração da CC e 0,29% para mensuração da estatura, dessa forma, o pesquisador foi classificado experiente (< 1,0%) (PERINI et al., 2003). Sendo que quanto menor o ETM, melhor é a precisão do avaliados para realizar a medida (PERINI et al., 2003).

4. RESULTADOS

4.1 CARACTERÍSTICAS DA AMOSTRA

Foram avaliados 130 adolescentes (53 meninas), sendo que 15 indivíduos foram excluídos da análise final por não terem participado de todos os procedimentos ou apresentaram troca respiratória (RER) $<1,0$ no final do teste SR-20m (8 meninas e 7 meninos). Para a análise final foram incluídos 115 adolescentes (45 meninas), sendo que 10 (6,5%) foram classificados como pré-púberes, 91 (73,4%) púberes e 25 (20,2%) púberes. Em relação a EMS, não houve diferenças nas proporções entre meninos e meninas (X^2 0,483, $p=0,487$) e também para %MG elevada ($X^2=0,087$, $p=0,768$). Além disso, conforme o objetivo geral deste estudo, havia necessidade de maior proporção de participantes com excesso de peso, sendo que 67,8% foram classificados com excesso de peso (32,2% obesos) e 68,5% apresentavam %MG elevada, 40% exibiram CC elevada. No total da amostra, 38,0% dos adolescentes foram classificados com NAF-mv insuficiente e 52,2% apresentaram APCR insuficiente. As características gerais de acordo com o sexo estão apresentadas nas Tabelas 2 e 3.

Segundo a ANOVA de uma via, foram encontradas semelhanças para faixa etária ($p=0,784$), estatura ($p=0,687$), tempo de tela ($p=0,156$), NAF-MV ($p=0,432$), RER ($p=0,084$) e VO_{2pico} L/min ($p=0,628$) em meninos de acordo com o estado nutricional. Entretanto, observou-se que meninos obesos apresentam maior MC, IMC-z, %MG e MLG do que meninos eutróficos ($p<0,001$) e com sobrepeso ($p<0,001$), mas diferenças entre eutróficos e meninos com sobrepeso foram identificadas apenas para IMC-z e a %MG ($p<0,001$). Além disso, os meninos eutróficos percorreram mais voltas no teste SR-20m, obtiveram maior $VO_{2pico}MC$ e $VO_{2pico}MLG$ em comparação aos adolescentes com sobrepeso ($p<0,005$) e obesidade ($p<0,001$), sendo que esses dados também foram maiores nos meninos com sobrepeso do que nos obesos ($p<0,005$).

Ainda em meninos, o teste de Kruskal-Wallis indicou que meninos obesos apresentaram maiores valores CC em comparação aos grupos de eutróficos ($p<0,001$) e sobrepeso ($p=0,001$), sendo que adolescentes com sobrepeso também apresentaram maiores valores de CC do que eutróficos ($p=0,010$).

Além disso, obesos atingiram menor FCmax ao final do teste SR-20m do que eutróficos ($p < 0,001$) e sobrepeso ($p = 0,012$), mas não houve diferenças entre sobrepeso e eutróficos ($p = 0,911$).

TABELA 2. CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS MENINOS.

	Eutróficos● (n = 22)	Sobrepeso● (n = 23)	Obesos● (n = 25)	p
Faixa etária	13,39±1,58	13,07±1,60	13,19±1,41	0,784
Massa corporal	49,73±12,07	58,80±11,89	85,63±19,80 ^{bc}	0,001
Estatuta	162,16±12,99	160,9±10,43	163,79±10,35	0,687
CC[#]	62,20±6,17	71,82±5,16 ^a	93,79±13,27 ^{bc}	0,001
IMC-z	-0,049±0,64	1,421±0,32 ^a	3,087±0,94 ^{bc}	0,001
MG (%)	18,61±3,68	26,32±11,88 ^a	37,47±4,01 ^{bc}	0,001
MLG (kg)	40,65±13,72	44,63±9,43	53,37±11,79 ^{bc}	0,001
Tempo de tela	286,67±100,94	300,19±141,33	355,66±139,79	0,156
NAF-mv (min/dia) [#]	87,55±54,80	63,44±74,42	63,88±80,14	0,432
Número de voltas	48,77±15,40 ^b	36,17±14,32 ^c	16,32±6,61	0,001
FCmax[#]	202,77±11,01	200,73±7,68	191,84±10,24	0,001
RER	1,17±0,09	1,21±0,13	1,25±0,12	0,084
VO_{2pico}L/min[#]*	2,72±0,73	2,50±0,64	2,52±0,49	0,628
VO_{2pico}MC[*]	54,85±6,09 ^{ab}	43,09±9,25 ^c	30,24±5,98	0,001
VO_{2pico}MLG[*]	67,48±7,56 ^{ab}	56,62±10,75 ^c	48,32±8,77	0,001

Nota: ANOVA de uma via ou [#]Kruskal-Wallis; ^a = eutróficos vs sobrepeso; ^b = eutróficos vs obesos; ^c = sobrepeso vs obesos; * = valores medidos por método direto; CC = circunferência de cintura; IMC-z = índice de massa corporal score z; MG = massa gorda; MLG = massa livre de gordura; NAF-mv = nível de atividade física moderado-vigoroso; MC = massa corporal; FCmax = máximo de batimentos por minuto atingidos ao final do teste SR-20m; Negrito = valor de $p < 0,05$; ●classificação IMC score-z.

Em meninas, foram observadas semelhanças entre os estados nutricionais para faixa etária ($p = 0,266$), estatura ($p = 0,313$), tempo de tela ($p = 0,323$), NAF-mv ($p = 0,257$), RER ($p = 0,693$) e VO_{2pico}L/min ($p = 0,865$). Segundo a ANOVA, obesas apresentaram maior MC, IMC-z, %MG e MLG do que eutróficas ($p < 0,001$) e sobrepeso ($p < 0,05$), bem como meninas eutróficas apresentaram menores valores de IMC-z ($p < 0,001$) e %MG ($p < 0,001$) do que meninas com sobrepeso. Meninas obesas também atingiram menores valores de FCmax ao final do teste SR-20m em comparação com as meninas eutróficas ($p = 0,003$) e com sobrepeso ($p = 0,016$), mas não houve diferenças entre os grupos de eutróficas e com sobrepeso ($p = 1,0$). Além disso, meninas eutróficas apresentaram maior número de voltas e VO_{2pico}MC do que obesas ($p < 0,001$) e sobrepeso ($p < 0,005$), sendo que esses valores foram menores em obesas do que em meninas com sobrepeso ($p < 0,05$). Com relação ao VO_{2pico}MLG, foram identificados maiores valores em meninas eutróficas do que em meninas obesas

($p < 0,001$) e com sobrepeso ($p = 0,005$), sendo que não houve diferenças entre obesas e sobrepeso ($p = 0,238$).

Ainda em meninas, a análise Kruskal-Wallis demonstrou que meninas eutróficas apresentaram menores valores de MC e CC do que meninas com sobrepeso ($p < 0,003$) e obesas ($p < 0,001$), sendo que não houve diferenças entre sobrepeso e obesas tanto para MC ($p = 0,208$) quanto para CC ($p = 0,125$).

Adicionalmente, foi realizada a comparação entre sexos, de acordo com o estado nutricional (Tabela 17, Apêndice 4), e não foram encontradas diferenças entre os sexos para a faixa etária, estatura, MC, CC, IMC-z, MLG e FCmax atingida no SR-20m ($p > 0,05$).

TABELA 3. CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS MENINAS.

	Eutróficas● (n = 18)	Sobrepeso● (n = 15)	Obesas● (n = 12)	p
Faixa etária	13,70±1,56	13,39±2,34	13,54±1,77	0,266
Massa corporal[#]	47,60±6,77	60,26±8,11 ^a	80,95±23,41 ^b	0,001
Estatura	160,98±7,70	157,14±5,59	157±10,25	0,313
CC[#]	61,84±3,39	72,85±5,01 ^a	89,36±13,82 ^c	0,001
IMC-z	-0,44±0,82	1,60±0,27 ^a	2,98±0,70 ^{bc}	0,001
MG (%)	24,77±4,39	31,30±3,87 ^a	39,27±4,20 ^{bc}	0,001
MLG (kg)	35,67±4,54	41,32±5,43	48,63±12,14 ^{bc}	0,001
Tempo de tela	241,87±88,98	292,42±144,39	291,50±76,43	0,323
NAF-mv (min/dia) [#]	44,40±33,90	43,09±39,63	25,58±14,95	0,257
Número de voltas	32,83±8,55 ^{ab}	22,53±8,72 ^c	14,0±4,15	0,001
FCmax	202,72±6,49 ^b	200,73±14,24 ^c	187,66±13,28	0,003
RER	1,26±0,11	1,30±0,12	1,27±0,16	0,693
VO_{2pico}L/min*	2,11±0,39	2,08±0,29	2,16±0,43	0,865
VO_{2pico}MC*	44,72±6,55 ^{ab}	34,81±4,73 ^c	27,67±5,65	0,001
VO_{2pico}MLG*	59,48±8,26 ^{ab}	50,65±6,07	45,42±7,90	0,001

Nota: ANOVA de uma via ou [#]Kruskal-Wallis; ^a = eutróficas vs sobrepeso; ^b = eutróficas vs obesas; ^c = sobrepeso vs obesas; * = valores medidos por método direto; CC = circunferência de cintura; IMC-z = índice de massa corporal escore z; MG = massa gorda; MLG = massa livre de gordura; NAF-mv = nível de atividade física moderado-vigoroso; MC = massa corporal; FCmax = máximo de batimentos por minuto atingidos ao final do teste SR-20m; Negrito = valor de $p < 0,05$; ●classificação IMC escore-z.

4.2 DESEMPENHO NO SR-20M

Na análise de desempenho entre os testes shuttle run, foram analisados 64 adolescentes. Foi identificado que meninos percorreram menor número de voltas no SR-20m coletivo em comparação ao SR-20m individual 1 ($p = 0,007$), e meninas meninos percorreram menor número de voltas no SR-20m coletivo do que no SR-20m individual 1 ($p = 0,009$) e individual 2 ($p = 0,009$). De acordo com o estado nutricional, apenas em eutróficos o desempenho foi menor no SR-20m

coletivo do que em ambos os testes individuais 1 ($p = 0,001$) e 2 ($p = 0,040$). Portanto, o desempenho entre os testes individuais é semelhante independentemente da estratificação da amostra (Tabela 4).

TABELA 4. ANÁLISE DO DESEMPENHO NO NÚMERO DE VOLTAS NO TESTE SR-20m.

	SR-20m coletivo	SR-20m individual 1	SR-20m individual 2*	p
Amostra				
Total (n= 64)	22 (6, 65) ^{ab}	30,5 (12, 72)	26 (8, 73)	0,001
Meninos (n=41)	29 (6, 65) ^a	38 (12, 72)	34 (8, 73)	0,004
Meninas (n=23)	20 (8, 43) ^{ab}	26 (13, 47)	22 (8, 47)	0,012
IMC-z				
Eutrófico● (n=29)	33 (12, 65) ^{ab}	42 (18, 72)	38,5 (16, 73)	0,001
Sobrepeso● (n=25)	25 (9, 52)	27 (13, 58)	26,5 (11, 67)	0,079
Obeso● (n=10)	15 (6, 22)	20,5 (12, 31)	14 (8, 31)	0,459

Nota: teste de Friedman, a = dif. $<0,05$ entre SR-20m coletivo e SR-20m individual 1; b = dif. $<0,05$ entre SR-20m coletivo e SR-20m individual 2; c = dif. $<0,05$ entre SR-20m individual 1 e SR-20m individual 2; SR-20m = teste shuttle run de 20 metros. * = SR-20m individual utilizando o equipamento k4b²; Negrito = valor de $p < 0,05$; ●classificação IMC escore-z.

4.3 APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA

Com relação a APCR, segundo a análise de proporções (Tabela 18, Apêndice 5), foram observadas maiores proporções de APCR insuficiente em indivíduos com CC elevada ($p < 0,001$) e %MG elevada ($p < 0,001$) em comparação aqueles com níveis adequados. Identificou-se tendência para o aumento das proporções de APCR insuficiente com o avanço do estado nutricional ($p < 0,001$), sendo que todos os obesos apresentaram APCR insuficiente em comparação aos eutróficos (100% vs 5,0%). Além disso, adolescentes com NAF-mv ≥ 300 apresentaram menores proporções de APCR insuficiente do que adolescentes praticantes de 150>300 minutos (36,2% vs. 58,3%), sendo que esses apresentaram menores proporções de APCR insuficiente do que os adolescentes que praticaram <150 minutos de NAF-mv por semana (58,3% vs. 72,7%) ($p = 0,001$).

Com relação aos níveis de $VO_{2\text{pico}}\text{L/min}$ (TABELA 5), para todas as estratificações da amostra, meninos apresentaram maiores valores de $VO_{2\text{pico}}\text{L/min}$ do que as meninas ($p < 0,005$), enquanto que adolescentes com %MG elevada exibiram menores valores de $VO_{2\text{pico}}\text{L/min}$ em comparação aos

indivíduos classificados como adequados ($p < 0,05$). Entretanto, não foram identificadas diferenças entre os valores de $VO_{2\text{pico}}L/\text{min}$ para as variáveis EMS, CC, IMC-z, tempo de tela e NAF.

TABELA 5. $VO_{2\text{pico}}L/\text{min}$ DE ACORDO COM AS CARACTERÍSTICAS DA AMOSTRA.

	Amostra total (n=115)	p	Eutróficos • (n=40)	p	Excesso de peso• (n=75)	p
Sexo*						
Masculino	2,58±0,62	0,001	2,72±0,73	0,002	2,51±0,56	0,031
Feminino	2,11±0,36		2,11±0,39		2,11±0,35	
EMS#						
pré-púbere	2,10±0,311	0,265	-	0,230	2,10±0,31	0,321
Púbere	2,42±0,66		2,40±0,61		2,39±0,57	
pós-púbere	2,50±0,61		2,79±0,97		2,42±0,49	
CC*						
Adequado	2,46±0,66	0,329	-	-	2,41±0,61	0,619
Elevado	2,34±0,48		-		2,34±0,48	
IMC-z#						
Eutrófico	2,49±0,69	0,519	-	-	-	-
Sobrepeso	2,34±0,56		-		-	
Obeso	2,40±0,50		-		-	
%MG*						
Adequado	2,80±0,72	0,001	2,67±0,74	0,025	2,92±0,63	0,002
Elevado	2,28±0,48		2,21±0,49		2,30±0,48	
Tempo de tela#						
<2 horas/dia	2,68±0,72	0,406	2,62±1,59	0,638	2,71±0,16	0,435
≥2 e <4 horas/dia	2,32±0,54		2,30±0,47		2,34±0,60	
≥4 horas/dia	2,42±0,60		2,51±0,69		2,35±0,52	
NAF-mv#						
≥300 min/semana	2,47±0,64	0,655	2,45±0,68	0,381	2,42±0,50	0,515
150>300 min/semana	2,33±0,56		2,55±0,64		2,24±0,51	
≤150 min/semana	2,36±0,53		2,06±0,60		2,40±0,57	

Nota = *teste t de *student* independente ou #ANOVA de uma via; EMS = Estágio de maturação sexual; CC = circunferência da cintura; IMC-z = índice de massa corporal escore z; %MG = porcentagem de massa gorda; NAF-mv= nível de atividade física moderado-vigoroso; Negrito = valor de $p < 0,05$; •classificação IMC escore-z.

Em relação ao $VO_{2\text{pico}}MC$ (Tabela 6), observou-se que os meninos apresentaram maiores valores médios de $VO_{2\text{pico}}MC$ do que as meninas ($p < 0,05$), independente da estratificação da amostra. Enquanto que, adolescentes púberes demonstraram maiores valores de $VO_{2\text{pico}}MC$ em comparação com adolescentes pré-púberes ($p = 0,013$) e pós-púberes ($p = 0,013$) somente quando analisado a amostra total.

TABELA 6. $VO_{2pico}MC$ DE ACORDO COM A CARACTERÍSTICA DA AMOSTRA.

	Amostra total (n=115)	p	Eutróficos* (n=40)	p	Excesso de peso* (n=75)	p
Sexo*						
Masculino	42,20±12,41	0,009	54,85±6,09	0,001	36,40±10,02	0,013
Feminino	36,87±9,02		44,72±6,55		31,64±6,21	
EMS[#]						
pré-púbere	33,19±5,16	0,002	-	0,688	33,19±5,16	0,068
Púbere	42,99±12,73		50,52±7,97		36,50±9,97	
pós-púbere	34,55±10,21		48,65±9,33		31,02±6,93	
CC*						
Adequado	47,45±10,68	0,001	50,29±8,05	-	42,12±8,50	0,001
Elevado	30,00±5,73		-		30,00±5,73	
IMC-z[#]						
Eutrófico	51,33±10,50	0,001	-	-	-	-
Sobrepeso	39,82±8,72		-		-	
Obeso	29,41±5,92		-		-	
%MG*						
Adequado	53,63±10,74	0,001	52,54±7,41	0,063	51,33±8,58	0,001
Elevado	36,03±9,52		47,81±8,17		32,70±6,87	
Tempo de tela[#]						
<2 horas/dia	46,10±9,34	0,353	44,82±15,64	0,463	46,74±7,89	0,022
≥2 e <4 horas/dia	42,03±13,17		52,09±7,27		33,98±11,16	
≥4 horas/dia	39,55±12,35		49,88±7,99		34,01±8,05	
NAF-mv[#]						
≥300 min/semana	43,55±13,19	0,003	50,97±8,14	0,201	35,24±8,60	0,255
150>300 min/semana	41,41±12,03		51,87±5,82		37,10±11,31	
≤150 min/semana	34,39±9,00		44,30±8,99		32,62±7,92	

Nota = *teste t de *student* independente e #ANOVA de uma via; EMS = estágio de maturação sexual; CC = circunferência da cintura; IMC-z = índice de massa corporal escore z; %MG = porcentagem de massa gorda; NAF-mv= nível de atividade física moderado-vigoroso; Negrito = valor de $p < 0,05$; ●classificação IMC escore-z.

Com relação aos indicadores de adiposidade, indivíduos que apresentaram valores elevados de CC e %MG exibiram menores valores de $VO_{2pico}MC$ em comparação aos indivíduos classificados com valores adequados ($p < 0,001$). Enquanto que, de acordo com o estado nutricional, adolescentes eutróficos apresentaram valores de $VO_{2pico}MC$ superiores em comparação aos adolescentes com sobrepeso ($p < 0,001$) e obesos ($p < 0,001$), sendo que adolescentes com sobrepeso apresentaram maiores valores de $VO_{2pico}MC$ do que aqueles com obesidade ($p < 0,001$). Além disso, somente para a amostra total, indivíduos que praticaram nos mais de 300 minutos de NAF-mv por semana mostraram maiores valores de $VO_{2pico}MC$ em comparação com os que praticaram menos de 150 minutos por semana ($p = 0,002$).

Entretanto, em alunos com excesso de peso, foi observado que adolescentes com tempo de tela inferior a duas horas por dia apresentaram

valores de $VO_{2\text{pico}}MC$ significativamente superior do que os grupos de tempo de tela ≥ 2 e < 4 horas/dia ($p=0,035$) e ≥ 4 horas/dia ($p=0,019$), não existindo diferenças nos valores de $VO_{2\text{pico}}MC$ entre os grupos ≥ 2 e < 4 horas/dia e ≥ 4 horas/dia.

Com relação aos níveis de $VO_{2\text{pico}}MLG$ (tabela 7), meninos apresentaram maiores médias de $VO_{2\text{pico}}MLG$ do que meninas somente de acordo com a estratificação para amostra total ($p=0,035$) e eutróficos ($p=0,003$). De acordo com a amostra total, adolescentes púberes apresentaram maiores valores de $VO_{2\text{pico}}MLG$ do que pós púberes ($p = 0,049$), sendo que não houve diferenças entre púberes e pré-púberes ($p = 0,204$) ou entre pré-púberes e pós púberes ($p = 1,0$).

TABELA 7. $VO_{2\text{pico}}MLG$ DE ACORDO COM AS CARACTERÍSTICAS DA AMOSTRA.

	Amostra total (n=115)	p	Eutróficos● (n=40)	p	Excesso de peso● (n=75)	p
Sexo*						
Masculino	57,07±11,97	0,035	67,48±7,56	0,003	52,30±10,53	0,087
Feminino	52,79±9,40		59,48±8,26		48,33±7,30	
EMS#						
pré-púbere	50,51±9,53	0,019	-	0,411	50,51±9,53	0,376
Púbere	57,24±11,39		64,32±8,78		51,96±10,24	
pós-púbere	50,95±9,50		60,82±9,00		48,21±7,83	
CC*						
Adequado	60,84±9,47	0,001	-	-	56,64±8,90	0,001
Elevado	47,23±8,26		-		47,23±8,26	
IMC-z#						
Eutrófico	63,88±8,76	0,001	-	-	-	-
Sobrepeso	54,26±9,56		-		-	
Obeso	47,38±8,50		-		-	
%MG*						
Adequado	63,52±8,57	0,001	64,30±8,30	0,755	61,46±9,48	0,001
Elevado	52,65±10,66		63,42±9,45		49,60±8,90	
Tempo de tela#						
<2 horas/dia	59,80±8,17	0,319	56,75±15,90	0,261	61,33±4,22	0,080
≥ 2 e < 4 horas/dia	57,30±12,79		66,68±8,07		49,80±10,80	
≥ 4 horas/dia	54,44±10,78		63,14±8,52		50,41±9,26	
NAF-mv#						
≥ 300 min/sem	57,28±11,50	0,079	65,08±8,59	0,262	50,00±8,82	0,654
150>300 min/sem	55,76±10,58		63,20±7,63		52,70±10,24	
≤ 150 min/sem	51,81±10,51		58,12±10,57		50,68±10,28	

Nota = *teste t de *student* independente e #ANOVA de uma via; EMS = estágio de maturação sexual; CC = circunferência da cintura; IMC-z = índice de massa corporal escore z; %MG = porcentagem de massa gorda; NAF-mv= nível de atividade física moderado-vigoroso; Negrito = valor de $p < 0,05$; ●classificação IMC escore-z.

Para os indicadores de adiposidade, adolescentes eutróficos apresentaram maiores valores de $VO_{2\text{picoMLG}}$ do que sobrepeso ($p<0,001$) e obesos ($p<0,001$), sendo que obesos obtiveram menores valores em comparação aos com sobrepeso ($p=0,004$). Além disso, de acordo com a amostra total e com excesso de peso, aqueles com %MG adequada apresentaram maiores valores de $VO_{2\text{picoMLG}}$ do que os classificados com %MG elevada ($p < 0,001$), sem diferença para amostra eutrófica. Ainda, não houve diferenças de acordo com o tempo de tela ou NAF-mv.

4.4 CORRELAÇÕES BIVARIADAS

Foi utilizado a análise de coeficiente de correlação linear de Pearson para verificar associações entre as variáveis $VO_{2\text{picoL/min}}$, $VO_{2\text{picoMC}}$ e $VO_{2\text{picoMLG}}$ e as variáveis independentes de faixa etária, sexo, EMS, MC, estatura, CC, IMC-z, %MG, MLG, FCmax, tempo de tela, NAF-mv e o número de voltas no teste SR-20m (tabela 8).

De acordo com as análises do $VO_{2\text{picoMC}}$, para a amostra total foram observadas correlações diretas e fraca para sexo ($r=0,228$, $p=0,014$), moderada para FCmax ($r=0,508$, $p<0,001$) e forte para número de voltas ($r=0,795$, $p < 0,001$), bem como correlações inversas e fraca para tempo de tela ($r=-0,219$, $p=0,0019$), moderada para MLG ($r=-0,407$, $p<0,01$) e fortes para MC ($r=-0,646$, $p<0,01$), CC ($r=-0,694$, $p<0,01$), IMC-z ($r=-0,749$, $p<0,01$) e para %MG ($r=-0,774$, $p<0,01$). Quando testado com a amostra com excesso de peso, observou-se que o $VO_{2\text{picoMC}}$ foi correlacionado diretamente e fraco com sexo ($r=0,253$, $p=0,029$), moderado com FCmax ($r=0,514$, $p<0,001$) e fortes com número de voltas ($r=0,732$, $p<0,001$), bem como obteve correlações inversas e fraca com MLG ($r=-0,362$, $p<0,001$), moderada com MC ($r=0,591$, $p<0,001$) e fortes com CC ($r=-0,625$, $p<0,001$), IMC-z ($r=-0,665$, $p<0,001$) e %MG ($r=0,683$, $p<0,001$).

TABELA 8. COEFICIENTES DE ASSOCIAÇÃO ENTRE O VO_{2pico}L/min, VO_{2pico}MC E VO_{2pico}MLG E AS VARIÁVEIS PREDITORAS.

	FE	Sexo	EMS	MC	Estatura	CC	IMC-z	%MG	MLG	TT	NAF-mv	FCmax	Número de voltas
	VO _{2pico} L/min												
Amostra total (n=115)	0,493**	0,392**	0,102	0,351**	0,662**	0,145	0,046	-0,274**	0,572**	0,022	0,047	0,055	0,546**
Excesso de peso● (n=75)	0,478**	0,363**	0,076	0,394**	0,618**	0,194	0,054	-0,261*	0,560**	0,071	0,077	-0,031	0,484**
Obesos● (n=37)	0,512**	0,346**	0,047	0,488*	0,2	0,309	0,07	-0,163	0,570**	0,11	0,201	-0,235	0,381*
	VO _{2pico} MC												
Amostra total (n=115)	0,048	0,228*	-0,049	-0,646**	-0,019	-0,694**	-0,749**	-0,774**	-0,407**	-0,219*	0,125	0,508**	0,795**
Excesso de peso● (n=75)	-0,025	0,253*	-0,082	-0,591**	-0,137	-0,625**	-0,665**	-0,683**	-0,362**	-0,189	0,010	0,514**	0,732**
Obesos● (n=37)	-0,067	0,206	-0,02	-0,541*	-0,065	-0,466**	-0,562**	-0,478**	-0,421**	-0,092	0,079	0,319	0,512**
	VO _{2pico} MLG												
Amostra total (n=115)	0,013	0,187*	-0,079	-0,578**	-0,068	-0,569**	-0,629**	-0,581**	-0,447**	-0,222*	0,066	0,499**	0,685**
Excesso de peso● (n=75)	-0,049	0,199	-0,102	-0,497**	-0,149	-0,456**	-0,494**	-0,445**	-0,413**	-0,196	-0,133	0,473**	0,543**
Obesos● (n=37)	-0,083	0,162	-0,141	-0,510**	-0,146	-0,330*	-0,456**	-0,175	-0,477**	-0,15	0,048	0,276	0,398**

Nota= FE = faixa etária; EMS = estágio de maturação sexual; MC = massa corporal; CC = circunferência de cintura; IMC-z = índice de massa corporal score Z; %MG = percentagem de massa gorda; MLG = massa livre de gordura; NAF-mv = nível de atividade física moderado-vigoroso; FCmax = máximo de batimentos por minuto atingidos ao final do teste SR-20m; ** = p < 0,01; * = p < 0,05; ● classificação IMC score-z.

4.5 MODELOS DE EQUAÇÕES PREDITIVAS DO $VO_{2pico}MC$.

Utilizou-se a análise de regressão linear múltipla de princípio hierárquico para verificar a capacidade das variáveis independentes de sexo, faixa etária em decimal e em meses, EMS, IMC-z, classificação do IMC-z %MG, classificação da %MG, MLG, CC, tempo de tela, NAF-mv e número de voltas, de prever o $VO_{2pico}MC$. Além disso, testou-se a interação entre as variáveis número de voltas*FCmax, IMC-z*estatura e sexo*faixa etária (meses), bem como a fração entre Número de voltas/MC como preditores do $VO_{2pico}MC$.

A amostra de validação consistiu em 91 adolescentes (36 meninas), sendo 32 eutróficos, e 59 com excesso de peso (29 obesos). Não foram identificadas diferenças significativas entre o grupo de validação e o de validação cruzada (tabela 9).

TABELA 9. CARACTERÍSTICAS DA AMOSTRA DE VALIDAÇÃO E VALIDAÇÃO CRUZADA.

	Validação (n = 91)	Validação cruzada (n = 24)	p
Faixa etária[#]	13,24+1,80	13,25+1,09	0,518
Massa corporal[#]	63,57+20,35	63,93+22,18	0,754
Estatura	160,76+10,50	161,66+8,78	0,671
CC[#]	75,04+15,54	75,61+14,47	0,828
IMC-z	1,40+1,53	1,36+1,44	0,890
MG (%)	29,02+9,91	29,06+8,49	0,957
MLG (kg)[#]	44,43+11,29	44,04+10,76	0,710
Tempo de tela[#]	311,14+124,07	251,11+114,78	0,052
NAF-mv (min/dia)[#]	62,37+65,51	44,14+36,40	0,441
Número de voltas[#]	29,95+15,56	28,50+15,68	0,778
FCmax[#]	198,76+11,24	195,75+12,71	0,378
$VO_{2pico}L/min^{\#}$	2,41+0,60	2,36+0,52	0,967
$VO_{2pico}MC$	40,30+11,58	39,39+11,22	0,798
$VO_{2pico}MLG$	55,57±11,40	54,73±10,57	0,747

Nota: [#]Teste ManWitney; CC = circunferência da cintura; IMC-z = índice de massa corporal escore z; MG = massa gorda; MLG = massa livre de gordura; NAF-mv= nível de atividade física moderado-vigoroso; $VO_{2pico}MC$ = consumo máximo de oxigênio relativo a massa corporal (ml/kg/min); $VO_{2pico}L/min$ = consumo máximo de oxigênio absoluto (L/min); $VO_{2pico}MLG$ = consumo máximo de oxigênio relativo a massa livre de gordura (ml/kg/min).

As análises de regressão linear múltipla resultaram em três modelos preditivos (tabela 10). O primeiro modelo (modelo A) apresentado no quadro 1, resultou em equação estatisticamente significativa ($F(4, 86) = 91,927$; $p < 0,001$; $R^2 = 0,810$), que incluiu as variáveis preditoras: número de voltas ($\beta = 0,513$; $t = 7,213$; $p < 0,001$), IMC*estatura ($\beta = -0,514$; $t = -7,932$; $p < 0,001$), faixa etária (meses) ($\beta = -0,193$; $t = -3,734$; $p < 0,001$) e o sexo ($\beta = 0,131$; $t = 2,473$; $p = 0,015$).

QUADRO 1. EQUAÇÃO PREDITIVA DO VO_{2pico}MC MODELO A.

$$VO_{2pico}MC = 49,551 + (0,359 * \text{Número de voltas}) + (-0,024181 * (\text{IMC} - z * \text{estatura}^a)) + (-0,103 * \text{faixa etária (meses)}) + (3,089 * \text{sexo}^b)$$

Nota: ^a= cm; ^b= 0 = meninas e 1 = meninos

O segundo modelo (modelo B) exibido no quadro 2, apresenta equação estatisticamente significativa ($F(4, 86) = 97,398$; $p < 0,001$; $R^2 = 0,819$), que incluiu as variáveis de número de voltas*FCmax ($\beta = 0,527$, $t = 7,660$; $p < 0,001$), IMC*estatura ($\beta = -0,504$; $t = -7,977$; $p < 0,001$), faixa etária (meses) ($\beta = -0,191$; $t = -3,812$; $p < 0,001$) e sexo ($\beta = 0,128$; $t = 2,487$; $p = 0,015$) como preditoras do VO_{2pico}MC.

QUADRO 2. EQUAÇÃO PREDITIVA DO VO_{2pico}MC MODELO B.

$$VO_{2pico}MC = 49,336 + (1,779 * (\text{Número de voltas} * \text{FCmax})) + (-0,0237 * (\text{IMC} - z * \text{estatura}^a)) + (-0,102 * \text{faixa etária (meses)}) + (3,022 * \text{sexo}^b)$$

Nota: ^a= cm; ^b= 0 = meninas e 1 = meninos.

Enquanto que o terceiro modelo (modelo C) apresentado no quadro 3, resultou equação estatisticamente significativa ($F(4,86) = 86,839$; $p < 0,001$; $R^2 = 0,836$) demonstrou que as variáveis número de voltas*FCmax ($\beta = 0,471$; $t = 6,859$; $p < 0,001$), IMC-z*estatura ($\beta = -0,465$; $t = -7,505$; $p < 0,001$), classificação de %MG ($\beta = -0,160$; $t = -2,981$; $p = 0,004$), faixa etária (meses) ($\beta = -0,203$; $t = -4,221$; $p < 0,001$) e sexo ($\beta = 0,119$; $t = 2,411$; $p = 0,018$) são preditoras do VO_{2pico}MC.

QUADRO 3. EQUAÇÃO PREDITIVA DO VO_{2pico}MC MODELO C.

$$VO_{2pico}MC = 54,411 + (1,587 * (\text{Número de voltas} * \text{FCmax})) + (-0,0218 * (\text{IMC} - z * \text{estatura}^a)) + (-4,249 * \%MG^b) + (-0,109 * \text{faixa etária (meses)}) + (2,809 * \text{sexo}^c)$$

Nota: ^a= cm; ^b= 0 = adequada e 1 = elevada ^c= 0 = meninas e 1 = meninos

TABELA 10. DETALHES DOS MODELOS DE REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA.

Modelo	Variável dependente	(n)	Variáveis preditoras	R	R ²	EPE	Durbin-Watson
(A)	VO _{2pico} MC	91	Número de voltas, IMC-z, estatura, faixa etária e sexo.	0,900	0,810	5,161	2,095
(B)	VO _{2pico} MC	91	Número de voltas, FCmax, IMC-z, estatura, faixa etária e sexo.	0,905	0,819	5,041	2,113
(C)	VO _{2pico} MC	91	Número de voltas, FCmax, IMC-z, estatura, %MGc, faixa etária e sexo.	0,914	0,836	4,825	2,001

Nota: n = número amostral; R = coeficiente de correlação linear de *Pearson*; R² = coeficiente de determinação; EPE = erro padrão de estimativa; Número de voltas = número de voltas; IMC-z = índice de massa corporal escore z; FCmax = máximo de batimentos por minuto atingidos ao final do teste SR-20m; %MGc = classificação da porcentagem de gordura.

Todas as equações resultaram em correlação direta e muito forte com VO_{2pico}MC ($r = 0,900$ e $0,914$) com EPE entre 4,825 e 5,161. Observou-se que as variáveis de faixa etária decimal, EMS, %MG, MLG, tempo de tela e NAF-mv, bem como a interação entre sexo*faixa etária (meses) e a fração de número de voltas/MC não contribuíram significativamente para as equações elaboradas ($p > 0,05$). Além disso, as variáveis inseridas nos modelos não apresentaram multicolineariedade (Tabelas 19, 20 e 21, Apêndice 6), os modelos demonstraram interdependência dos resíduos analisado pelo teste Durbin-Watson (tabela 10), não foi identificado *outliers*, de forma que os intervalos de predição e de resíduos foram superiores a -3 e inferiores a 3 com distribuição normal (Tabelas 22, 23 e 24, Apêndice 7). Além disso, demonstrou-se relevante dispersão de resíduos, atestando validação da homocedasticidade em todos os modelos (Figuras 5, Apêndice 8).

4.6 VALIDAÇÃO CRUZADA DOS MODELOS

Os coeficientes de correlação foram similares tanto na amostra de validação quanto na amostra de validação cruzada para os três modelos. Considerando a amostra de eutróficos e excesso de peso houve associação direta e muito forte entre o VO_{2pico}MC medido e calculado ($r = 0,0882$ e $0,890$), sendo que os valores individuais estimados variaram aproximadamente 13% da média para todos os modelos. Além disso, o viés de predição variou de -

0,287±5,36 ml/kg/min para o modelo A, -0,181±5,35 ml/kg/min para o modelo B e -0,172±5,27 ml/kg/min para a modelo C. Segundo a análise residual, não foi identificado tendência na estimativa do $VO_{2pico}MC$ para os modelos, uma vez que não houve correlação entre os resíduos e os valores estimados para o modelo A ($r=0,157$, $p=0,464$), modelo B ($r=0,185$, $p=0,386$) e modelo C ($r=0,248$, $p=0,243$). Dessa forma, os modelos possuem concordância com o $VO_{2pico}MC$ medido, bem como desempenho e precisão de estimativa adequados.

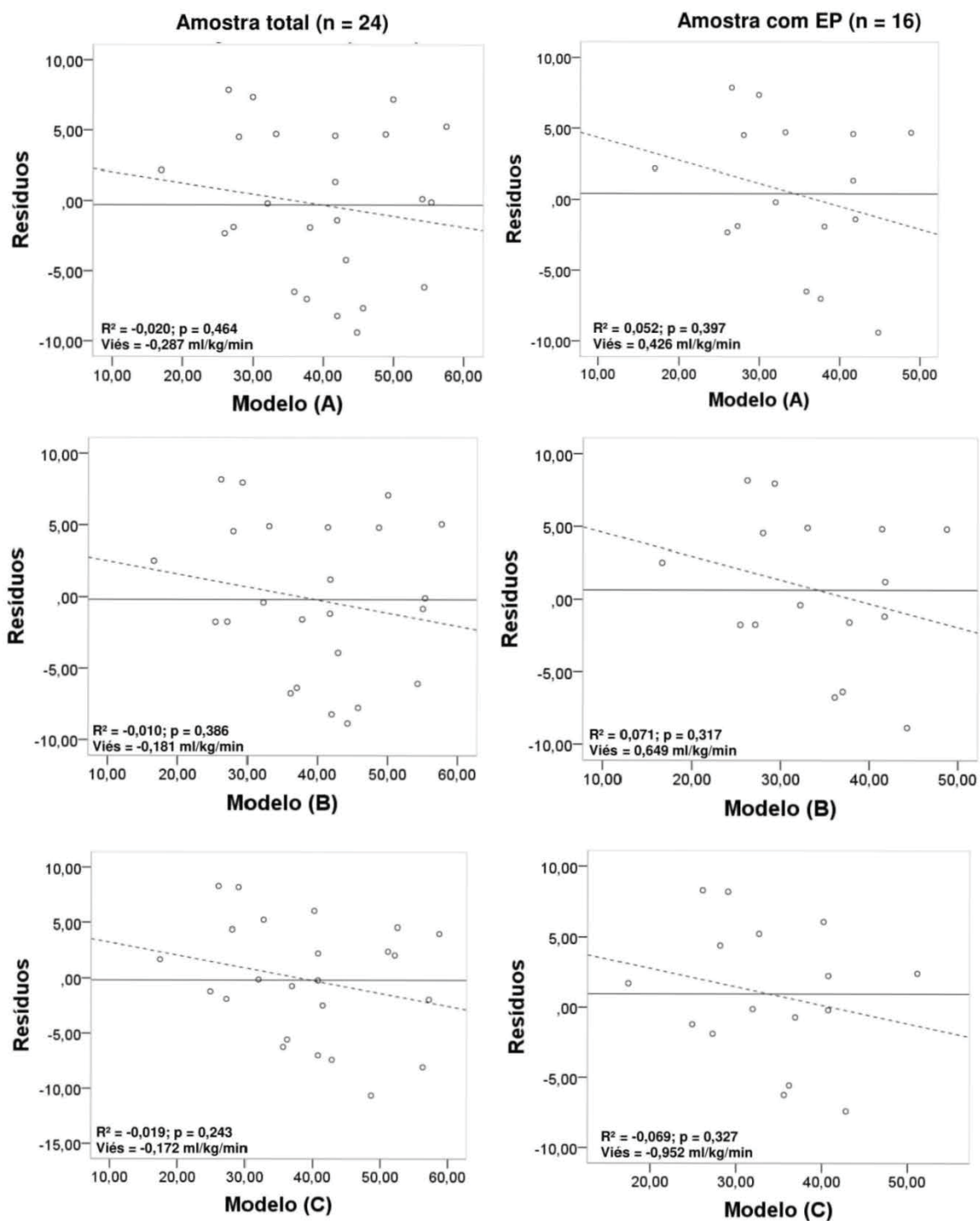
Quando analisado para a amostra com excesso de peso ($n=16$), foi observada correlação direta e muito forte entre o $VO_{2pico}MC$ medido e calculado ($r=0,0817$ e $0,839$). Os valores individuais estimados variaram entre 14 e 15% da média predita. Enquanto que, o viés de predição variou de 0,426±5,16 ml/kg/min para o modelo A, 0,649±5,14 ml/kg/min para o modelo B e 0,952±4,82 ml/kg/min para a modelo C. Segundo a análise dos resíduos, não foi identificado tendência na estimativa do $VO_{2pico}MC$ para o modelo A ($r=0,228$, $p=0,397$), modelo B ($r=0,267$, $p=0,317$) e modelo C ($r=0,262$, $p=0,327$). Sendo assim, observa-se que os modelos possuem concordância com o $VO_{2pico}MC$ medido, bem como desempenho e precisão de estimativa adequados. A tabela 11 apresenta os dados de validação cruzada e concordância dos modelos com o $VO_{2pico}MC$. Além disso, a figura 2 apresenta os gráficos de concordância entre o $VO_{2pico}MC$ medido e calculado pelos modelos.

TABELA 11. CARACTERÍSTICAS DA VALIDAÇÃO CRUZADA DOS NOVOS MODELOS.

	R (EPE)	CV (%)	Viés (limites)	r	Concordância tendência
Amostra total (=24)					
Modelo A	0,882 (5,41)	13,65	-0,287 (10,222, -10,796)	0,157	0,464
Modelo B	0,883 (5,38)	13,59	-0,181 (10,314, -10,676)	0,185	0,386
Modelo C	0,890 (5,22)	13,19	-0,172 (10,172, -10,516)	0,248	0,243
Amostra EP (n=16)					
Modelo A	0,817 (5,15)	14,97	0,426 (10,539, -,9687)	0,228	0,397
Modelo B	0,819 (5,13)	15,01	0,649 (10,733, -9,435)	0,267	0,317
Modelo C	0,839 (4,85)	14,32	0,952 (10,399, -8,495)	0,262	0,327

Nota: * = diferente de 0, $p > 0,05$; ** = viés residual significativo, $p < 0,05$; *** = tendência significativa, $p < 0,05$; Y = intercepto da reta; X = inclinação da reta; R = coeficiente de correlação linear de *Pearson*; EPE = erro padrão de estimativa; r = relação entre resíduos e $VO_{2pico}MC$ calculado; EP= excesso de peso.

FIGURA 2. GRÁFICOS DE VALIDAÇÃO CRUZADA PARA AMOSTRA TOTAL E COM EXCESSO DE PESO.



4.7 ANÁLISE DOS VALORES DE $VO_{2pico}MC$ MEDIDO E CALCULADO.

Para comparar os valores do $VO_{2pico}MC$ medido e calculado pelos novos modelos de equação e as equações previamente publicadas (Léger, Ruiz, Barnett (A), Matsuzaka (A) e Matsuzaka (B)), utilizou-se a ANOVA de uma via com medidas repetidas. As análises foram conduzidas para a amostra total, de acordo com o sexo e estado nutricional de excesso de peso e obesos. A análise mostrou que os valores calculados pelas equações Léger ($p=0,024$), Ruiz ($p<0,001$), Barnett (A) ($p<0,001$) e Matsuzaka (B) ($p=0,049$) diferem significativamente dos valores de $VO_{2pico}MC$ medido.

A partir do estado nutricional, a análise mostrou que em adolescentes com excesso de peso, os valores calculados pelas equações: Léger ($p<0,001$), Ruiz ($p<0,001$) e Barnett (A) ($p<0,001$) e Matsuzaka (A) ($p=0,004$) diferiram significativamente dos valores de $VO_{2pico}MC$ medido. Enquanto que em adolescentes obesos, os valores calculados pelas equações: Léger ($p<0,001$), Ruiz ($p<0,001$), Barnett (A) ($p<0,001$) e Matsuzaka (A) ($p=0,025$) diferem significativamente dos valores de $VO_{2pico}MC$ medido. A tabela 12 apresenta a comparação dos valores médios e desvio padrão do $VO_{2pico}MC$ medido e calculado pelos modelos de equação.

TABELA 12. ANÁLISE DE SIMILARIDADE ENTRE O $VO_{2pico}MC$ MEDIDO E CALCULADO.

	Total (n=115)	Excesso de peso● (n=75)	Obesos● (n=37)
$VO_{2pico}MC$	40,11±11,47	34,69±9,09	29,41±5,92
Modelo A	40,19±10,45	34,79±8,03	29,04±4,87
Modelo B	40,15±10,53	34,73±8,11	28,91±4,88
Modelo C	40,09±10,69	34,57±8,19	28,86±4,51
Léger	41,93±4,84*	40,26±4,50*	38,14±2,72*
Ruiz	41,07±9,58*	37,563±7,95*	33,16±3,91*
Barnett	42,00±9,87*	40,20±6,43*	36,50±5,36*
Matsuzaka (A)	40,59±8,46	36,65±7,48*	31,23±5,93*
Matsuzaka (B)	38,98±8,15*	35,17±7,30	30,08±5,92

Nota: teste ANOVA de uma via com medidas repetidas; Comparação entre as linhas;

●classificação IMC escore-z.

4.8. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO, PRECISÃO E CONCORDÂNCIA ENTRE AS EQUAÇÕES PREDITIVAS E O $VO_{2pico}MC$ MEDIDO.

A tabela 13 apresenta os detalhes da análise validação das equações para a amostra total de adolescentes. Com relação ao desempenho das equações avaliaram-se os índices de intercepto (Y) e inclinação (X), bem como os coeficientes de associação (R), erro padrão de estimativa (EPE) e porcentagem de variação de medida (CV). A precisão foi avaliada a partir da média residual (viés) de cada modelo. Enquanto que, a concordância foi verificada por meio da análise residual e valores estimados, de acordo análise da tendência de estimativa. As análises foram conduzidas de acordo com a amostragem total, individualizadas estado nutricional de excesso de peso e obesos e posteriormente estratificado por sexo.

Para a amostra total, os coeficientes variaram entre correlações diretas fortes e muito fortes ($r=0,74$ e $0,909$), sendo que os coeficientes mais elevados foram das equações modelo C ($r=0,909$, $p<0,001$), modelo B ($r=0,900$, $p<0,001$) e modelo A ($r=0,896$, $p<0,001$). As mesmas equações apresentaram menor EPE (4,80 e 5,11 ml/kg/min), e menor coeficiente variação de estimativa individual (11,9% e 12,7%). Além disso, foram observadas variações no EPE entre 4,80 e 7,71 ml/kg/min e variação de estimativa individual dentre 11,9% e 18,39% da média predita pelas equações.

TABELA 13. CARACTERÍSTICAS DA VALIDAÇÃO DOS NOVOS MODELOS PARA AMOSTRA TOTAL.

	R (EPE)	CV (%)	Viés (limites)	Concordância	
				r	tendência
Amostra total (n=115)					
Modelo A	0,896 (5,11)	12,71	-0,076 (9,90, -10,05)	0,034	0,716
Modelo B	0,900 (5,01)	12,48	-0,041 (9,73, --9,82)	0,041	0,662
Modelo C	0,909 (4,80)	11,99	-0,023 (9,36, -9,41)	0,057	0,542
Leger	0,743 (7,71)	18,39	-1,821 (14,85, -18,49)**	0,432	0,001***
Ruiz	0,820 (6,59)	16,04	-0,956 (11,90, -13,81)	0,028	0,768
Barnett (A)	0,827 (6,47)	15,14	-2,619 (11,02, -16,23)**	0,377	0,001***
Matsuzaka (A)	0,863 (5,81)	14,32	-0,473 (11,22, -12,15)	0,241	0,010***
Matsuzaka (B)	0,862 (5,84)	14,99	1,129 (13,01, -10,77)**	0,286	0,002***

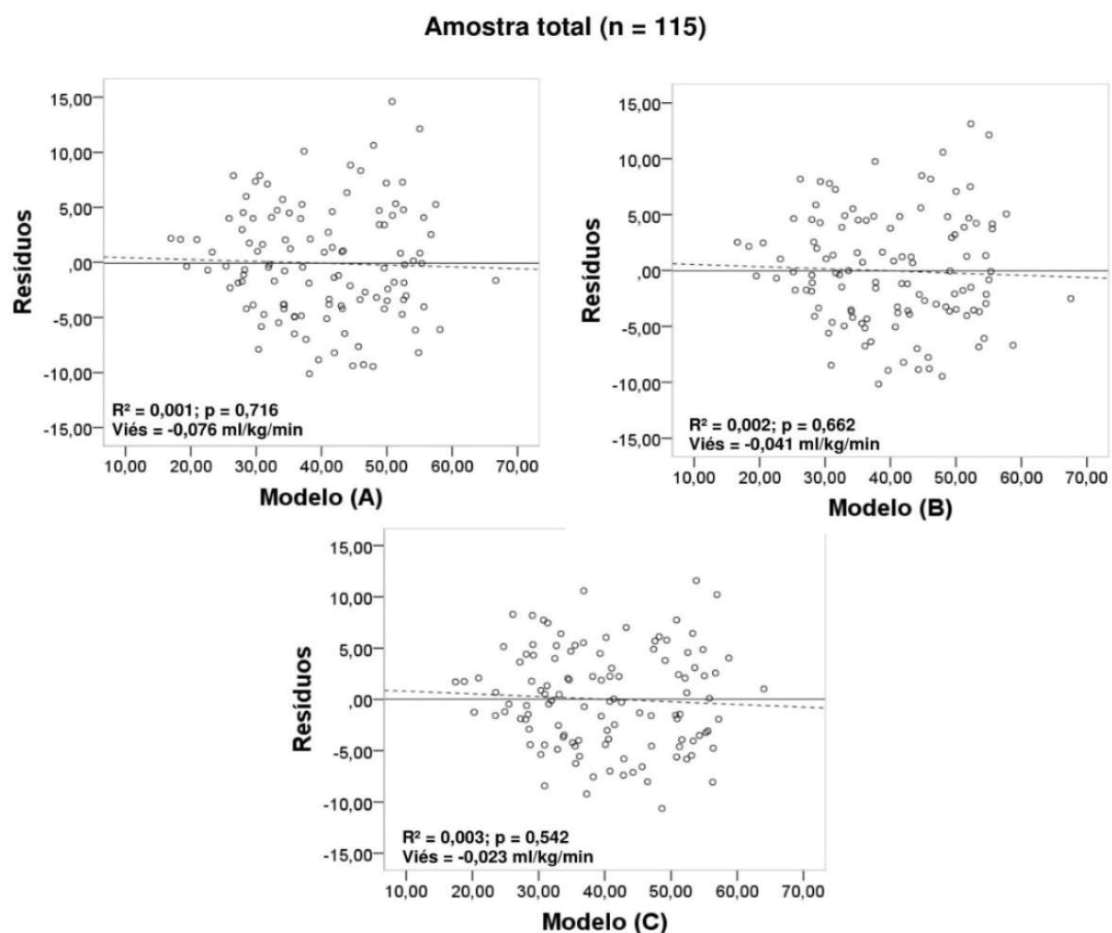
Nota: * = diferente de 0, $p > 0,05$; ** = viés residual significativo, $p < 0,05$; *** = tendência significativa, $p < 0,05$; Y = intercepto da reta; X = inclinação da reta; R = coeficiente de correlação linear de *Pearson*; EPE = erro padrão de estimativa; r = relação entre resíduos e $VO_{2pico}MC$ calculado.

Com relação ao desempenho das equações, observa-se que apenas as equações Ruiz ($p=0,837$), modelo A ($p=0,755$), modelo B ($p=0,688$) e o modelo

C ($p = 0,547$) os valores de intercepto não diferem do valor zero da linha de identidade. Enquanto que, para todas as equações o ângulo de inclinação é diferente do valor zero da linha de identidade ($p < 0,05$). De acordo com a análise de precisão preditiva, as equações Leger (viés=-1,821, $p < 0,05$) e Barnett (A) (viés=-2,61, $p < 0,05$) apresentaram superestimar o $VO_{2\text{pico}}\text{MC}$, enquanto que a equação Matsuzaka (B) (viés=1,129, $p < 0,05$) apresenta subestimar o $VO_{2\text{pico}}\text{MC}$.

Segundo a análise de concordância entre o $VO_{2\text{pico}}\text{MC}$ medido e o calculado, as equações de Leger ($r=0,432$, $p < 0,001$), Barnett (A) ($r=0,377$, $p < 0,001$), Matsuzaka (A) ($r=0,241$, $p=0,010$) e Matsuzaka (B) ($r=0,286$, $p=0,002$) apresentaram erro de heterocentricidade, e tendência de resíduos significativa ($p < 0,05$). Dessa forma, apenas as equações modelos A, B e C demonstraram desempenho, precisão e concordância adequados para prever o $VO_{2\text{pico}}\text{MC}$ em adolescentes. A figura 3 apresenta os gráficos de análise residual e tendência de estimativa para as equações elegíveis para estimar o $VO_{2\text{pico}}\text{MC}$ em adolescentes.

FIGURA 3. GRÁFICOS DE CONCORDÂNCIA ENTRE $VO_{2\text{pico}}\text{MC}$ MEDIDO E CALCULADO PELOS MODELOS ELEGÍVEIS PARA A AMOSTRA TOTAL



A tabela 14 apresenta as análises de validação das equações para a amostra de adolescentes com excesso de peso. De acordo com o estado nutricional, os coeficientes variaram entre correlações diretas fortes e muito fortes ($r = 0,620$ e $0,852$) para a amostra com excesso de peso, sendo que os coeficientes mais elevados foram das equações modelo C ($r=0,852$, $p<0,001$), modelo B ($r=0,833$, $p<0,001$) e modelo A ($r=0,827$, $p<0,001$). Considerando todas as equações, foram observadas variações no EPE entre 4,80 e 7,71 ml/kg/min e variação de estimativa individual dentre 11,9% e 18,39% da média predita. Entretanto, dentre as equações cujos valores estimados não diferiram significativamente do $VO_{2\text{picoMC}}$ medido, as equações modelo C, modelo B e modelo A apresentaram menor EPE (4,80 e 5,15 ml/kg/min), e menores valores variação de estimativa individual (13,8% e 14,8%), seguidos pela equação Matsuzaka (B) que apresentou EPE de 5,70 e variação de estimativa de 16,2%.

TABELA 14. CARACTERÍSTICAS DA VALIDAÇÃO DOS MODELOS PARA AMOSTRA COM EXCESSO DE PESO.

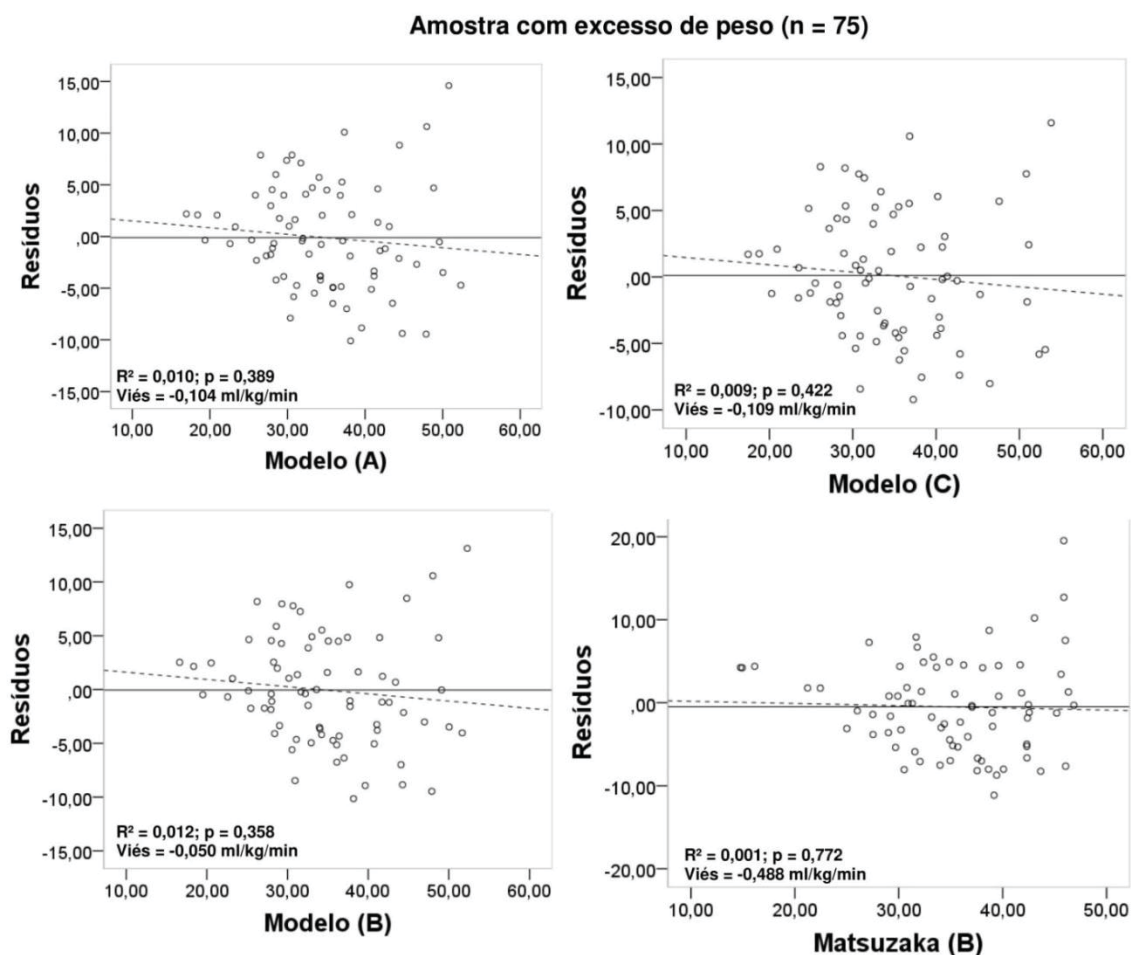
EXCESSO DE PESO					Concordância	
	R (EPE)	CV (%)	Viés (limites)	r	Tendência	
Excesso de peso (n=75)						
Modelo A	0,827 (5,15)	14,80	-0,104 (9,97, -10,17)	0,101	0,389	
Modelo B	0,833 (5,06)	14,58	-0,050 (9,86, -9,96)	0,108	0,358	
Modelo C	0,852 (4,80)	13,88	0,109 (9,49, -9,27)	0,094	0,422	
Leger	0,628 (7,12)	17,70	-5,579 (8,49, -19,65)**	0,168	0,150	
Ruiz	0,75 (6,05)	16,10	-2,873 (9,12, -14,87)**	0,185	0,111	
Barnett (A)	0,764 (5,90)	14,69	-5,521 (6,00, -17,04)**	0,086	0,462	
Matsuzaka (A)	0,784 (5,68)	15,51	-1,964 (9,12, -13,05)**	0,081	0,491	
Matsuzaka (B)	0,782 (5,70)	16,22	-0,488 (10,62, -11,60)	0,034	0,772	

Nota: *= diferente de 0, $p > 0,05$; ** = viés residual significativo, $p < 0,05$; ***= tendência significativa, $p < 0,05$; Y = intercepto da reta; X = inclinação da reta; R = coeficiente de correlação linear de *Pearson*; EPE = erro padrão de estimativa; r = relação entre resíduos e $VO_{2\text{picoMC}}$ calculado.

Com relação ao desempenho das equações, observa-se que apenas as equações Léger e Barnett (A) os valores de intercepto diferem do valor zero da linha de identidade ($p < 0,05$). Enquanto que, para todas as equações o ângulo de inclinação é diferente do valor zero da linha de identidade ($p<0,05$). De acordo com a análise de precisão preditiva, as equações Leger (viés=-5,57, $p<0,05$), Ruiz (viés=-2,87, $p<0,05$), Barnett (A) (viés=-5,52, $p<0,05$) e Matsuzaka (A) (viés=-1,96, $p<0,05$) apresentaram superestimar o $VO_{2\text{picoMC}}$ medido.

Segundo a análise de concordância entre o $VO_{2\text{picoMC}}$ medido e o calculado, nenhuma equação apresentou erro de heterocentricidade, e tendência de resíduos significativa. Dessa forma, considerou-se que dentre as equações que os valores preditos, e, que são similares do $VO_{2\text{picoMC}}$, as equações modelos A, B, C e Matsuzaka (B) demonstraram desempenho, precisão e concordância adequados para prever o $VO_{2\text{picoMC}}$ em adolescentes com excesso de peso. A figura 4 apresenta os gráficos de análise residual e tendência de estimativa pra as equações elegíveis para estimar o $VO_{2\text{picoMC}}$ em adolescentes.

FIGURA 4. GRÁFICOS DE CONCORDÂNCIA ENTRE $VO_{2\text{picoMC}}$ MEDIDO E CALCULADO PELOS MODELOS ELEGÍVEIS PARA A AMOSTRA COM EXCESSO DE PESO



A tabela 15 apresenta os detalhes da análise de precisão, desempenho e concordância entre os valores estimados pelas equações e o $VO_{2\text{picoMC}}$ medido para a amostra total de adolescentes com obesidade. Dessa forma, foi

observado redução na força de associação, no qual os coeficientes variaram entre correlações diretas fracas, moderadas e fortes (0,282 e 0,706), sendo que os coeficientes mais elevados foram das equações modelo A ($r=0,706$, $p<0,001$) e modelo B ($r=0,701$, $p<0,001$), seguidos pelas equações Matsuzaka (B) ($r=0,698$, $p<0,001$) e o modelo C ($r=0,697$, $p<0,001$). As mesmas equações apresentaram menores valores de EPE (4,28 e 4,31 ml/kg/min), e menores coeficientes variação de estimativa individual (14,31% e 14,93%). Além disso, quando consideradas todas as equações foram observadas variações no EPE entre 4,28 e 5,76 ml/kg/min e variação de estimativa individual dentre 14,3% e 15,11% da média predita pelas equações.

TABELA 15. CARACTERÍSTICAS DA VALIDAÇÃO DOS MODELOS PARA AMOSTRA COM OBESIDADE.

	R(EPE)	CV (%)	Viés (limites)	Concordância	
				r	tendência
Obesos (n=37)					
Modelo A	0,706 (4,25)	14,64	0,368 (8,67, -7,95)	0,161	0,341
Modelo B	0,701 (4,28)	14,82	0,494 (8,88, -8,88)	0,171	0,312
Modelo C	0,697 (4,31)	14,93	0,542 (8,89, -7,80)	0,091	0,590
Leger	0,282 (5,76)	15,11	-8,737 (2,59, -20,05)**	0,182	0,280
Ruiz	0,509 (5,17)	15,59	-3,750 (3,92, -11,41)**	0,173	0,305
Barnett	0,624 (4,69)	12,86	-7,089 (2,55, -16,73)**	0,340	0,040***
Matsuzaka (a)	0,676 (4,42)	14,17	-1,827 (7,50, -11,15)**	0,403	0,013***
Matsuzaka (b)	0,698 (4,30)	14,31	-0,674 (8,342, -9,69)	0,388	0,018***

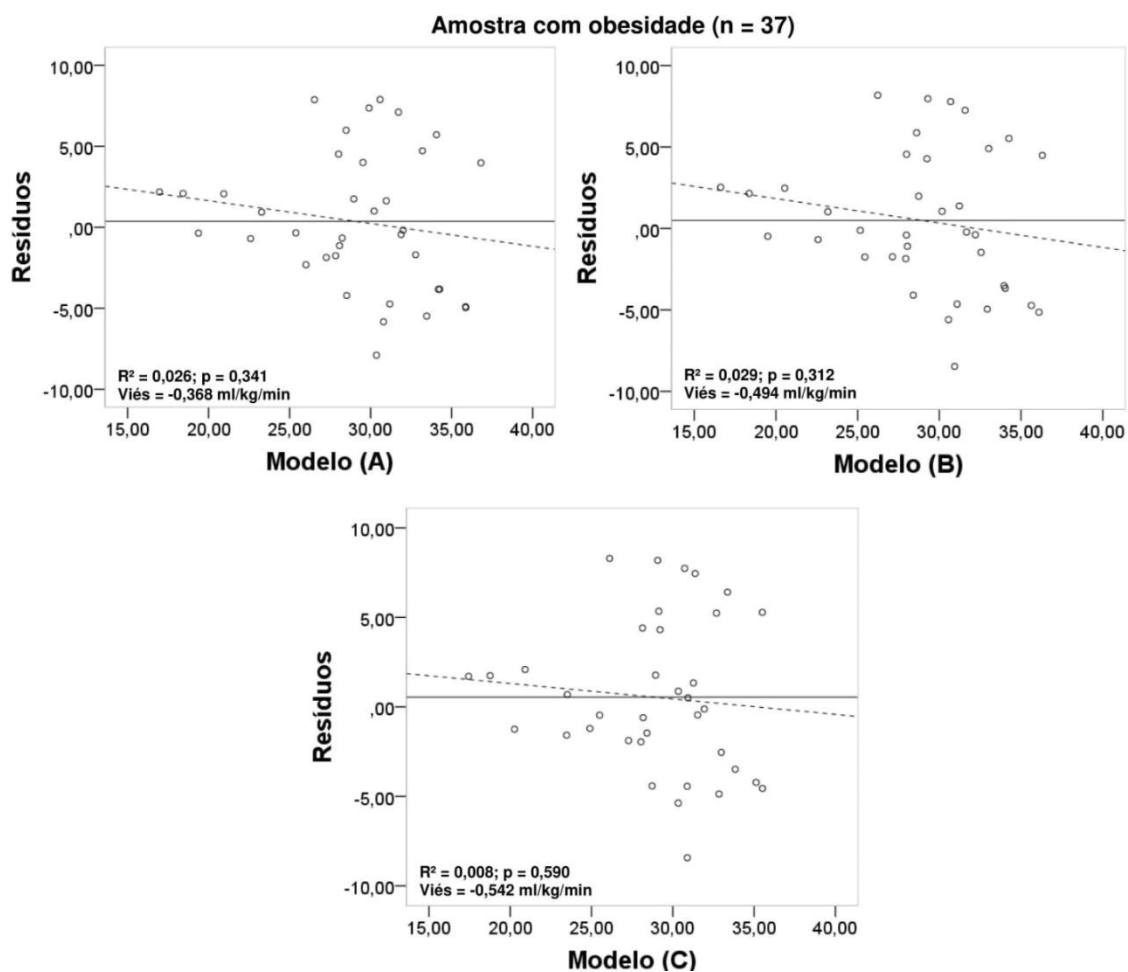
Nota: *= diferente de 0, $p > 0,05$; ** = viés residual significativo, $p < 0,05$; ***= tendência significativa, $p < 0,05$; Y = intercepto da reta; X = inclinação da reta; R = coeficiente de correlação linear de *Pearson*; EPE = erro padrão de estimativa; r = relação entre resíduos e $VO_{2pico}MC$ calculado.

Com relação ao desempenho das equações, observa-se que apenas as equações Matsuzaka (A) e Matsuzaka (B) os valores de intercepto diferem do valor zero da linha de identidade. Enquanto que, para todas as equações, exceto Léger, o ângulo de inclinação é diferente do valor zero da linha de identidade ($p<0,05$). De acordo com a análise de precisão preditiva, as equações Leger (viés=-8,73, $p<0,05$), Ruiz (viés=-3,75, $p<0,05$) e Barnett (A) (viés=-7,08, $p<0,05$) e Matsuzaka (A) (viés=-1,82, $p<0,05$) apresentaram superestimar o $VO_{2pico}MC$ medido.

Segundo a análise residual, as equações de Barnett (A) ($r=0,340$, $p=0,040$), Matsuzaka (A) ($r=0,403$, $p=0,013$) e Matsuzaka (B) ($r=0,388$, $p=0,018$) apresentaram erro de heterocentricidade e tendência de resíduos significativa

($p < 0,05$). Dessa forma, as equações modelos A, B e C demonstraram desempenho, precisão e concordância adequados para prever o $VO_{2\text{picoMC}}$ em adolescentes obesos. A figura 5 apresenta os gráficos de análise residual e tendência de resíduos pra as equações elegíveis para estimar o $VO_{2\text{picoMC}}$ em adolescentes obesos.

FIGURA 5. GRÁFICOS DE CONCORDÂNCIA ENTRE $VO_{2\text{picoMC}}$ MEDIDO E CALCULADO PELOS MODELOS ELEGÍVEIS PARA A AMOSTRA COM OBESIDADE AMOSTRA COM OBESIDADE.



Além disso, realizaram-se as análises de acordo com o sexo tanto para a amostra total quanto para a amostra com excesso de peso, apresentados na tabela 16. Dessa forma, considerou-se para análise por sexo as equações modelos A, B, C e Ruiz para comparações de acordo com a amostra total, enquanto que o modelo A, (B), (C) e a equação Matsuzaka (B) foram analisadas para adolescentes com excesso de peso. Os modelos preditivos compreendidos na análise por sexo, foram as equações que apresentaram precisão,

desempenho e concordância adequados para estimar o $VO_{2picoMC}$ dos adolescentes para os respectivos estados nutricionais.

Segundo a análise para a amostra total, identificou-se que para meninos os coeficientes de correlação foram diretos e muito fortes, que variaram entre $r=0,887$ e $r=0,921$ ($p<0,001$), o EPE variou entre 4,86 e 5,77 ml/kg/min, enquanto que o coeficiente de variação de estimativa foi entre 11,6 e 12,9%. Portanto, o modelo C apresentou maior coeficiente de correlação e menor EPE, enquanto o modelo A apresentou o menor valor de coeficiente de correlação e maior EPE entre as equações analisadas. A equação Ruiz, apresentou intercepto de reta significativamente diferente de zero ($p<0,001$), demonstrou subestimar a APCR (viés=-3,08; $p<0,001$), bem como significativa tendência de resíduos ($r=0,269$; $p=0,024$). Dessa forma, as equações modelos A, B e C apresentaram precisão, desempenho e concordância adequados para estimar o $VO_{2picoMC}$ em adolescentes do sexo masculino.

Em meninas, foram observados que os coeficientes de correlação resultaram entre $r= 0,752$ e $r = 0,876$, com EPE entre 4,39 e 6,01 ml/kg/min e variação de estimativa entre 11,7% e 17,4. Com relação ao viés residual, não foram observadas diferenças significativas entre os valores preditos pelas equações e o $VO_{2picoMC}$ medido. Entretanto, quando se analisou a tendência de resíduos entre resíduos e o $VO_{2picoMC}$ calculado pelas equações, foi identificado erro de heterocedasticidade e tendência de resíduos significativa ($p<0,05$) para a equação modelo C em meninas. Dessa forma, identifica-se que apenas os modelos (A), (B) e a equação Ruiz apresentaram precisão, desempenho e concordância adequados pra estimar o $VO_{2picoMC}$ em adolescentes do sexo feminino.

Para a análise entre sexos em adolescentes com excesso de peso, comparou-se as equações modelo A, modelo B, modelo C e Matsuzaka (B). Dessa forma, em meninos os coeficientes de correlação obtiveram magnitude entre $r=0,779$ e $r=0,861$, com EPE entre 5,14 e 6,34 ml/kg/min e variação de estimativa individual entre 14,18% e 17,30%. Sendo que, o modelo C apresentou o valor correlacional mais elevado, bem como menor EPE entre as equações, enquanto que Matsuzaka (B) apresentou coeficiente de correlação menor, maior EPE e coeficiente de variação de estimativa individual. Nenhum dos modelos apresentou tendência de resíduos ou viés residual significativo ($p > 0,05$). Dessa

forma, as equações modelos A, B, C e Matsuzaka (B), apresentaram ser adequadas pra estimar o $VO_{2pico}MC$ em adolescentes com excesso de peso do sexo masculino.

Em meninas com excesso de peso, a magnitude dos coeficientes de correlação foram entre $r=0,730$ e $r=0,759$, com EPE entre 4,13 e 4,74 ml/kg/min, e variação de estimativa entre 13,0% e 16,7% da média. Sendo que a equação modelo B apresentou o maior valor de correlação, e menor valor de EPE e variação de estimativa individual, enquanto que Matsuzaka (B) apresentou o menor valor de correlação e o maior EPE e variação de estimativa individual. Entretanto, nenhuma das equações apresentaram viés residual e tendência de resíduos significativos. Portanto, as equações modelos A, B, C e Matsuzaka (B) apresentaram serem adequadas para estimar o $VO_{2pico}MC$ em meninas com excesso de peso.

Enfim, de acordo com as análises de precisão, desempenho e concordância, observa-se que as equações Modelo A, modelo B, modelo C e Matsuzaka (B) foram consideradas adequadas para estimar o $VO_{2pico}MC$ em adolescentes com excesso de peso. Entretanto, a equação Matsuzaka (B) apresentou não ser adequada para estimar o $VO_{2pico}MC$ em adolescentes obesos, em que apresentou tendência de resíduos ($r = 0,388$; $p = 0,018$). Dessa forma, dentre os modelos elegíveis, a equação que apresentou maior associação com o $VO_{2pico}MC$ medido adolescentes com excesso de peso foi o modelo C ($r=0,852$; $p<0,001$), seguido pela equação modelo B ($r=0,833$; $p<0,001$) e modelo A ($r=0,827$; $p<0,001$). Entretanto, quando analisado para a amostra total o modelo C apresentou tendência de resíduos para meninas ($r=0,304$; $p=0,042$). Sendo assim, indica-se as equações modelo B e modelo A, que demonstraram precisão, desempenho e concorrência adequados pra estimar o $VO_{2pico}MC$ em adolescentes com excesso de peso ($r=0,833$, $p<0,001$; $r=0,827$, $p<0,001$), obesos ($r=0,701$, $p<0,001$; $r=0,706$, $p<0,001$), bem como meninos ($r=0,838$, $p<0,001$; $r=0,827$, $p<0,001$) e meninas ($r=0,759$ $p<0,001$; $r=0,755$, $p<0,001$) com excesso de peso.

TABELA 16. CARACTERÍSTICAS DA VALIDAÇÃO DOS MODELOS DE ACORDO COM O SEXO.

	R (EPE)	CV (%)	Viés (limites)	r	Concordância tendência
Amostra total					
Meninos (n = 70)					
Modelo A	0,901 (5,43)	12,95	0,268 (10,852, -10,31)	0,033	0,784
Modelo B	0,904 (5,33)	12,72	0,296 (10,66, -10,10)	0,024	0,844
Modelo C	0,921 (4,86)	11,62	0,376 (9,84, -9,09)	0,038	0,756
Ruiz	0,887 (5,77)	12,74	-3,082 (8,56, -14,72)**	0,269	0,024***
Meninas (n = 45)					
Modelo A	0,87 (4,47)	11,92	-0,612 (8,34, -9,56)	0,250	0,098
Modelo B	0,876 (4,39)	11,72	-0,566 (8,23, -9,36)	0,252	0,095
Modelo C	0,866 (4,55)	12,16	-0,524 (8,46, 9,79)	0,304	0,042***
Ruiz	0,752 (6,01)	17,41	2,350 (14,40, -9,70)	0,256	0,090
Amostra EP					
Meninos (n = 48)					
Modelo A	0,829 (5,66)	15,49	-0,125 (10,87, -11,12)	0,044	0,769
Modelo B	0,838 (5,53)	15,16	-0,058 (10,68, --10,79)	0,040	0,787
Modelo C	0,861 (5,14)	14,18	0,096 (10,07, -9,88)	0,035	0,813
Matsuzaka (B)	0,779 (6,34)	17,30	-0,235 (12,07, -12,54)	0,030	0,838
Meninas (n = 27)					
Modelo A	0,755 (4,15)	13,09	-0,066 (8,32, -8,45)	0,307	0,119
Modelo B	0,759 (4,13)	13,04	-0,035 (8,39, 8,46)	0,341	0,082
Modelo C	0,753 (4,17)	13,23	0,136 (8,52, -8,25)	0,296	0,134
Matsuzaka (B)	0,733 (4,31)	13,22	-0,939 (7,80, -9,68)	0,320	0,104

Nota: *= diferente de 0, $p > 0,05$; ** = viés residual significativo, $p < 0,05$; ***= tendência significativa, $p < 0,05$; Y = intercepto da reta; X = inclinação da reta; R = coeficiente de correlação linear de *Pearson*; EPE = erro padrão de estimativa; r = relação entre resíduos e $VO_{2picoMC}$ calculado.

4. DISCUSSÃO

A proposta deste estudo foi desenvolver modelos de equação para estimar o $VO_{2pico}MC$ e validá-las para adolescentes com excesso de peso com a utilização do teste SR-20m. Neste sentido, foram desenvolvidos três modelos preditivos para adolescentes, que demonstraram desempenho, precisão e concordância adequados para estimar o $VO_{2pico}MC$ em adolescentes com excesso de peso. Pesquisadores que desenvolveram equações preditivas, não exploraram a relação entre modelos preditivos e o estado nutricional (BARNETT; CHAN; BRUCE, 1993; BURNS et al., 2016; FERNHALL et al., 1998; LÉGER et al., 1988; MAHAR et al., 2006, 2011; MATSUZAKA et al., 2004; QUINART et al., 2014; RUIZ et al., 2008; SILVA et al., 2012a). A mesma lacuna foi apresentada em estudos que procuraram a validação cruzada desses modelos preditivos (BATISTA et al., 2013; BOIARSKAIA et al., 2011; ERNESTO et al., 2015; LIU; PLOWMAN; LOONEY, 1992; MELO et al., 2011; PITETTI; FERNHALL; FIGONI, 2002; RUIZ et al., 2009; SUMINSKI et al., 2004). Dessa forma, o desempenho e precisão de estimativa de uma equação pode se distinguir de acordo com as características da população que foi explorada neste estudo.

Para estabelecer um modelo preditivo, há a necessidade de utilizar um método de referência, que deve explicar a variável mensurada por um método padrão preciso, também conhecido como método direto (MACFARLANE, 2017). O VO_{2pico} é considerado a medida principal para a APCR (TAMBALIS et al., 2018). Equipamentos com capacidade de analisar a troca gasosa como analisadores metabólicos são os métodos diretos para esta variável (MACFARLANE, 2017). Tais equipamentos possuem vários modelos e variações, que recentemente, aparelhos portáteis são frequentemente utilizados (MACFARLANE, 2017), e são considerados em várias situações em diversos protocolos de esforço (BATISTA et al., 2013; RUIZ et al., 2008; SILVA et al., 2012b).

5.1. INFLUÊNCIA DO EQUIPAMENTO ANALISADOR METABÓLICO SOBRE O DESEMPENHO NO TESTE SR-20M

Existe na literatura a lacuna sobre o impacto da utilização de equipamentos anexos ao corpo do indivíduo durante os testes de esforço máximo (BALES et al., 2001; GAULT; CLEMENTS; WILLEMS, 2009). O analisador metabólico utilizado no presente estudo (K4 b²), é um equipamento portátil, de fácil manipulação, com aproximadamente 875g, que possibilita a análise de troca gasosa em diferentes testes e situações, inclusive em testes de campo como o SR-20m (MACFARLANE, 2017). O Cosmed K4b² foi usado para avaliar a APCR em crianças e adolescentes em outros estudos, por meio de testes em esteira (BATISTA et al., 2013; MAHAR et al., 2011) ou em campo (MELO et al., 2011; RUIZ et al., 2008, 2009; SILVA et al., 2012b). Entretanto, ainda não foi considerado se o sistema metabólico portátil afetaria o desempenho no teste SR-20m em adolescentes.

Neste sentido, hipotetizou-se a possibilidade de que o peso do sistema portátil (peso \cong 0,875 kg) e o potencial desconforto percebido da máscara facial possam influenciar as respostas fisiológicas e o desempenho no teste de esforço. No entanto, os achados demonstram que não houve efeito significativo no número de voltas percorridas durante o teste SR-20m com uso do Cosmed K4b² em adolescentes estratificados por sexo ou por estado nutricional. Portanto, **rejeita-se a H1**, pois o peso do equipamento Cosmed K4b² não influenciou significativamente o desempenho no teste SR-20m.

De acordo coma revisão sistemática realizada (MENEZES-JUNIOR; JESUS; LEITE, 2019), apenas outros dois estudos testaram a influência do uso de sistema metabólico portátil durante teste de esforço de campo (BALES et al., 2001; GAULT; CLEMENTS; WILLEMS, 2009). Bales et al. (2001) avaliaram o sistema metabólico portátil Oxylog (4.31 kg) em adultos durante o teste de uma milha. Enquanto que Gault, Clements e Willems (2009), investigaram o efeito do uso do equipamento Cosmed K4b² também durante o teste de uma milha, porém, com a população de idosos. Ambos os estudos encontraram resultados similares aos presentes neste trabalho, em que não foi identificado influência significativa do uso dos equipamentos portáteis no desempenho durante os testes de esforço.

Portanto, os dados indicam que utilizar o equipamento metabólico K4b² não interfere no desempenho durante o teste SR-20m em adolescentes.

Embora o peso extra do equipamento não impactou significativamente no desempenho do teste SR-20m, características da amostra podem influenciar os níveis de APCR. O $VO_{2pico}MC$ é a medida padrão para avaliar a APCR em adolescentes (TAMBALIS et al., 2018). O VO_{2pico} expresso em unidades absolutas (L/min) indica a capacidade funcional dos sistemas músculo-respiratório e músculo esquelético, enquanto que valores relativos como $VO_{2pico}MC$ (ml/kg.min) são tipicamente utilizados como indicadores padrão de aptidão aeróbia (LOFTIN et al., 2016). Dessa forma, avaliou-se o comportamento dos valores de $VO_{2pico}L/min$, $VO_{2pico}MC$ e $VO_{2pico}MLG$ de acordo com diferentes características da amostra. Hipostenizou-se que o EMS, os indicadores de adiposidade (CC, IMC e a %MG), bem como aspectos do estilo de vida como o NAF-mv e tempo de tela, poderiam discriminar diferenças nos níveis de $VO_{2pico}L/min$, $VO_{2pico}MC$ e $VO_{2pico}MLG$ em adolescentes com excesso de peso.

5.2. VALORES DE $VO_{2pico}L/min$, $VO_{2pico}MC$ e $VO_{2pico}MLG$ EM ADOLESCENTES

Na adolescência ocorrem várias alterações físicas, psíquicas e sociais (MINATTO; PETROSKI; SILVA, 2013). A variação no status de crescimento, desempenho e aptidão física está relacionada, em parte, ao status de maturidade biológica de um indivíduo (DENISE et al., 2015). Neste sentido, indivíduos de uma mesma faixa etária podem apresentar maiores vantagem ou desvantagem em testes de aptidão física devido ao seu estado de maturidade (MOTA et al., 2002).

Dessa forma, esperou-se que no decorrer da maturação, meninas apresentariam maiores reduções na APCR, enquanto que meninos apresentariam significativo aumento. Entretanto, neste estudo não foi notado diferenças significativas entre meninos e meninas para a maturação sexual. Quando avaliado o $VO_{2pico}MC$ e o $VO_{2pico}MLG$, observou-se que adolescentes púberes demonstraram maiores valores de $VO_{2pico}MC$ e $VO_{2pico}MLG$ independentemente do sexo. Estes dados, foram observados anteriormente na literatura (COELHO-E-SILVA et al., 2013b). Por outro lado, quando analisado em valores absolutos, não foram constatadas diferenças significativas no

$VO_{2pico}L/min$ para a maturação sexual em adolescentes. De acordo com a organização amostral, os dados podem indicar que o ajuste pela MC e MLG são fatores que influenciam a APCR quando estratificado pela maturação, uma vez que marcam as alterações no tamanho corporal.

A redução da $VO_{2pico}MC$ no decorrer os estágios de maturação é considerado fisiológico em meninas com aumento da %MG (MINATTO et al., 2016). Entretanto, aparentemente neste estudo, meninos também apresentam redução da APCR após a puberdade devido as alterações no estado nutricional. Tanto a maturação sexual quanto a APCR são intimamente associadas com mudanças na composição corporal (COELHO-E-SILVA et al., 2013b; WERNECK et al., 2016). Nas últimas décadas, a prevalência de sobrepeso e obesidade aumentaram significativamente entre crianças e adolescentes (ABARCA-GÓMEZ et al., 2017; GBD, 2017), que no sul do país atinge aproximadamente 29,8% da população (BLOCH et al., 2016). Portanto, os indicadores de adiposidade como o IMC, CC e a %MG são variáveis com relevante influência na APCR. Sendo assim, hipostenizou-se que os indicadores de adiposidade como o IMC, CC e a %MG seriam capazes de identificar diferenças nos valores de $VO_{2pico}L/min$, $VO_{2pico}MC$ e $VO_{2pico}MLG$.

Ortega et al. (2008) sugerem a APCR, que quando expresso pelo $VO_{2pico}MC$, é um indicador da obesidade global e também da obesidade abdominal. O relato dos autores corresponde aos achados deste estudo, em que observou redução significativa do $VO_{2pico}MC$ e $VO_{2pico}MLG$ quanto ao *status* elevado de CC, IMC e %MG. Portanto, adolescentes com excesso de peso normalmente exibem $VO_{2pico}MC$ mais baixo, uma vez que o denominador (MC) tende a diminuir consideravelmente a proporção geral da APCR (LOFTIN et al., 2016). Além disso, essas diferenças também foram observadas para o $VO_{2pico}MLG$, que pode ser explicado, pois indivíduos obesos apresentaram maiores valores de MLG do que eutróficos e adolescentes com sobrepeso. No estudo de Lopes et al. (2013), foi identificado que obesos apresentaram maior força muscular e MLG em comparação ao adolescentes eutróficos. Os autores sugerem que a maior força e quantidade de MLG, pode estar relacionada a adaptações neuromusculares e hipertróficas da musculatura exercida pela constante sobrecarga mecânica gerada pelo excesso de massa gorda (LOPES et al., 2013).

A APCR expressa em valores relativos tem sido frequentemente usadas para rastrear fatores de risco para doenças cardiovasculares em crianças e adolescentes (LOFTIN et al., 2016), que em conjunto com os indicadores de adiposidade são fatores relevantes para identificar agravos à saúde (BUCHAN; BAKER, 2017; OKTAY et al., 2017; ORTEGA et al., 2019). Contudo, o $VO_{2pico}MC$ e $VO_{2pico}MLG$ podem refletir o status de obesidade em vez de pico de potência aeróbica absoluta ou aptidão cardiorrespiratória em jovens com excesso de peso. Segundo Loftin et al. (2016) não é incomum que adolescentes com sobrepeso tenham valores mais altos de $VO_{2pico}L/min$ ou valores similares quando comparados com indivíduos com peso normal. Dessa forma, é importante notar que, de acordo com a equação de Fick, o VO_2 é um produto da capacidade de bombeamento do coração e a captação periférica de oxigênio no nível celular, assim, valores elevados de $VO_{2pico}L/min$ em crianças com excesso de peso seria um critério para considerar capacidade cardiovascular adequado (LOFTIN et al., 2016).

Entretanto, no presente estudo ao analisar a APCR em valores absolutos, apenas a %MG foi variável relevante para identificar redução do $VO_{2pico}L/min$ na amostra. Dessa forma, este dado pode sugerir que indivíduos com %MG elevada podem apresentar a capacidade funcional cardiorrespiratória reduzida. Outra explicação, segundo Arena e Cahalin (2014), seria que o excesso de gordura corporal poderia comprometer a função dos músculos responsáveis pela inspiração e expiração mesmo na ausência de doença pulmonar. Estes achados, sugerem que o IMC e a CC podem não ser os melhores indicadores de redução da APCR. Além disso, outros aspectos relacionados à APCR e à regulação do peso corporal são variáveis do estilo de vida.

O estilo de vida pode promover modificações nos índices de adiposidade e a no condicionamento físico em adolescentes (CARSON et al., 2016). Segundo Kulinski et al. (2014) o tempo em atividades sedentárias e redução da prática de atividades físicas moderadas-vigorosas estão associadas com a redução da aptidão física. Sendo assim, esperou-se que o tempo de tela e atividades físicas em intensidade moderada-vigorosa influenciariam os níveis da APCR nos adolescentes. Neste estudo, alterações relacionadas ao estilo de vida entre os adolescentes foram registradas apenas para o $VO_{2pico}MC$. Considerando a amostra total, foi notado efeito positivo relacionado ao $NAF-mv \geq 300$

min/semana. Estes achados corroboram com evidências que documentam a associação entre o tempo gasto em atividade física moderada a vigorosa e o aumento dos níveis de APCR em crianças e adolescentes (BAI et al., 2016; GONCALVES; SILVA; NUNES, 2015). Além disso, contribuem para a recomendação de que crianças e adolescentes participem de pelo menos 60 min em NAF-mv por dia (WHO, 2010).

Além do NAF, o tempo excessivo gasto em comportamento sedentário, especialmente o tempo em atividades baseadas em tela, emergiu como outro fator de risco importante e modificável (BAI et al., 2016). O uso de mídia eletrônica é um passatempo comum para as crianças hoje e levou a efeitos negativos à saúde na população infanto-juvenil (AGUILAR et al., 2015). Neste sentido, adolescentes com excesso de peso apresentaram sofrer impacto significativo do tempo em tela, em que indivíduos que participaram em ≥ 2 horas/dia em atividades de tela apresentaram $VO_{2picoMC}$ significativamente reduzido em comparação aos que limitaram o tempo de tela a < 2 horas/dia. Estudos tem sido apresentado a associação entre o tempo CS e a baixa APCR (BAI et al., 2016; GONCALVES; SILVA; NUNES, 2015; HARDY et al., 2018; MITCHELL; PATE; BLAIR, 2012).

Em revisão sistemática realizada por Tremblay et al. (2011), os autores analisaram os dados de 232 estudos e aproximadamente 980 mil participantes. Seus achados, indicaram com alto nível de evidência, que a participação < 2 horas/dia de tempo de tela foram diretamente associados a melhora na composição corporal (TREMBLAY et al., 2011). Embora a evidência dos dados relacionados à APCR foi considerada limitada, os autores sugerem que reduzir o tempo de tela em pode beneficiar a aptidão física, dessa forma, os dados deste estudo reforçam as recomendações sugeridas pelos autores.

Entretanto, aparentemente, o tempo de tela implica em maior risco de redução da APCR em adolescentes com excesso de peso, o que pode sugerir que este comportamento pode estar associado a outros comportamentos não saudáveis (KENNEY; GORTMAKER, 2017). Neste caso, variáveis como o padrão alimentar e tempo de sono dos adolescentes não foram controladas neste estudo. Evidências estabelecem que alimentação não saudável e a duração de sono estão relacionadas ao tempo de tela (ANTUNES et al., 2017; KENNEY; GORTMAKER, 2017). Além disso, alimentos ultra processados e

bebidas açucaradas são associados a pior composição corporal (KHAN; SIEVENPIPER, 2016; VERROTTI et al., 2014), que de maneira direta ou indireta podem influenciar o condicionamento físico. Enquanto que a duração e qualidade do sono é diretamente associada ao desempenho em testes de esforço máximo e submáximo (ANTUNES et al., 2017).

Dessa forma, **aceita-se parcialmente a H2**, pois foi possível observar que diferenças nos níveis de VO_2 podem ocorrer dependentemente da fração do $\text{VO}_{2\text{pico}}$, da característica da amostra. Porém, ressalta-se que o $\text{VO}_{2\text{picoMC}}$ foi melhor identificador da influência das características da amostra para a APCR em adolescentes. Além disso o $\text{VO}_{2\text{picoMC}}$ (ml/kg.min) é tipicamente usado como indicador padrão de aptidão cardiorrespiratória (LOFTIN et al., 2016). Assim, é importante identificar o conjunto de variáveis que melhor explicam as variações no $\text{VO}_{2\text{picoMC}}$. Neste sentido, informações sobre as variáveis preditoras do $\text{VO}_{2\text{picoMC}}$ em adolescentes com excesso de peso são limitadas, o que exhibe a lacuna explorada neste estudo.

5.3. MODELOS DE EQUAÇÃO E VARIÁVEIS PREDITORAS DO $\text{VO}_{2\text{picoMC}}$ PARA ADOLESCENTES COM EXCESSO DE PESO.

Vários estudos que desenvolveram equações preditivas do $\text{VO}_{2\text{picoMC}}$, exploraram o poder preditivo de diferentes variáveis da amostra como faixa etária (BARNETT; CHAN; BRUCE, 1993; LÉGER et al., 1988; MAHAR et al., 2006; MATSUZAKA et al., 2004; QUINART et al., 2014; RUIZ et al., 2008), sexo (BARNETT; CHAN; BRUCE, 1993; MAHAR et al., 2006, 2011; MATSUZAKA et al., 2004; QUINART et al., 2014; RUIZ et al., 2008), MC (BARNETT; CHAN; BRUCE, 1993; RUIZ et al., 2008), estatura (RUIZ et al., 2008) e IMC (MAHAR et al., 2006, 2011; MATSUZAKA et al., 2004; QUINART et al., 2014; SILVA et al., 2012a), bem como indicadores de desempenho como número de voltas (MAHAR et al., 2006, 2011; MATSUZAKA et al., 2004), velocidade final (BARNETT; CHAN; BRUCE, 1993; LÉGER et al., 1988; MATSUZAKA et al., 2004; QUINART et al., 2014) e estágio (RUIZ et al., 2008) atingido no teste SR-20m. Entretanto, variáveis como EMS, IMC-z, %MG, MLG, tempo de tela, NAF-mv e FC_{max} não foram examinadas como preditoras do $\text{VO}_{2\text{picoMC}}$ em equações para adolescentes a partir do teste SR-20m.

Para fins de comparação dos achados deste estudo, ressalta-se que não foi identificado trabalhos publicados, que exibiram objetivo de desenvolver equações para estimar o $VO_{2pico}MC$ por meio do SR-20m para adolescentes com excesso de peso, bem como, equações publicadas na literatura pouco exploram a estratificação pelo estado nutricional.

Neste sentido, de acordo com a validação cruzada, os valores de $VO_{2pico}MC$ preditos pelos três modelos desenvolvidos nesta pesquisa apresentaram correlações significativas com o $VO_{2pico}MC$ medido em adolescentes com excesso de peso. Dessa forma o modelo A apresentou as variáveis de número de voltas, faixa etária (meses), sexo e a interação entre IMC-z e estatura como um conjunto de variáveis preditoras do $VO_{2pico}MC$. O modelo B identificou o conjunto de variáveis que incluiu a faixa etária (meses), sexo e as interações entre as variáveis número de voltas e FCmax, e, IMC-z e estatura como preditoras. Enquanto que o modelo C apresentou o maior coeficiente de correlação entre o $VO_{2pico}MC$ medido e calculado, e incluiu o conjunto de variáveis preditoras de faixa etária em meses, sexo, classificação da %MG, e a interação entre as variáveis número de voltas e FCmax, e, IMC-z e estatura.

A influência da faixa etária, sexo e EMS sobre a APCR em adolescentes é frequentemente relatado na literatura (MINATTO; PETROSKI; SILVA, 2013; VENANCIO et al., 2018). Tanto a faixa etária e o sexo, foram incluídas como variáveis de ajuste preditivo nos modelos, sendo que contribuíram significativamente para o desempenho da equação. O sexo da amostra foi diretamente correlacionado com o $VO_{2pico}MC$ nos adolescentes com excesso de peso. Neste sentido, meninos apresentaram $VO_{2pico}MC$ significativamente maior do que meninas, o que pode justificar a importância da variável para na predição do $VO_{2pico}MC$. Este achado é bem estabelecido em estudos com equações preditivas da APCR (QUINART et al., 2014; RUIZ et al., 2008; SILVA et al., 2012a), sendo que apenas duas equações publicadas não encontraram contribuição expressiva do sexo da amostra para a elaboração dos modelos (BURNS et al., 2015; LÉGER et al., 1988).

Por outro lado, a faixa etária não apresentou associação com o $VO_{2pico}MC$, porém contribuiu significativamente para o ajuste dos modelos A, B e C. A influência da faixa etária para melhora dos modelos, pode ser explicado

por sua significativa associação com número de voltas, que apresenta forte correlação com o $VO_{2pico}MC$ para a amostra com excesso de peso.

A faixa etária é considerada importante variável preditora da APCR e foi incluída em várias equações preditivas nos diferentes estudos (MENEZES-JUNIOR; JESUS; LEITE, 2019). Além disso, foi utilizada para caracterizar o perfil da aptidão física em adolescentes (MINATTO; PETROSKI; SILVA, 2013). Entretanto, há relatos na literatura em que o EMS seria a variável mais adequada para caracterizar a APCR em adolescentes (MINATTO; PETROSKI; SILVA, 2013). Durante o processo de maturação sexual é possível identificar diferenças no perfil hormonal, responsável pelo desenvolvimento das características sexuais secundárias, que distinguem a etapa de maturação sexual que se encontram as crianças e os adolescentes (LOURENÇO; BRUNI QUEIROZ, 2010), o que pode impactar na aptidão física (MOTA et al., 2002). Embora, foi possível identificar diferenças na APCR entre adolescentes púberes e pós púberes, a maturação sexual não apresentou importância significativa para discriminar a APCR em adolescentes com excesso de peso, bem como não apresentou força preditiva significativa do $VO_{2pico}MC$ neste estudo.

Assim como a faixa etária, a estatura não apresentou correlação significativa com o $VO_{2pico}MC$, porém exibiu associação com o número de voltas. De acordo com os achados deste estudo, sugere-se que adolescentes com maior estatura podem apresentar vantagem biomecânica no teste SR-20m. Além disso, a estatura, IMC e a faixa etária, são considerados indicadores de crescimento e maturação, expressando mudanças no tamanho e composição corporal, o que pode influenciar a expressão do $VO_{2pico}MC$ (CARVALHO et al., 2014; SILVA et al., 2012a).

Neste sentido, a APCR está altamente relacionada ao tamanho corporal durante a infância e adolescência (ARMSTRONG; WELSMAN, 2000). Justifica-se também a inclusão da estatura nos modelos, devido a fase de estirão da estatura ocorrer antes da maturação sexual. Em meninos, aproximadamente aos 14 anos ocorre o pico de crescimento em estatura, seguido pelo ganho de massa muscular e amadurecimento das funções musculares cerca de seis meses após o pico de crescimento (RÉ, 2011).

Por outro lado, em meninas o pico de crescimento em estatura ocorre por volta dos 12 anos de idade e, somente após o pico de crescimento em

estatura, ocorre a menarca. Etapa que está diretamente associada à elevação da produção de hormônios femininos, o que promove aumento do percentual de gordura corporal, o que não favorece a execução de habilidades motoras (RÉ, 2011).

Além disso, mudanças no tamanho dos órgãos do sistema cardiovascular também ocorrem em conjunto com o crescimento corporal, ambos diretamente relacionados à capacidade aeróbia (MALINA; BOUCHARD, 2002). Durante a puberdade ocorre alterações importantes decorrentes do crescimento da estatura como aumento no tamanho do pulmão, número de alvéolos e vias aéreas, alterações nas propriedades mecânicas do sistema pulmonar, que em conjunto com aumento da força muscular contribuem para o maior volume e função pulmonar, que estão diretamente associados ao aumento da estatura (NEIL ARMSTRONG; MECHELEN, 2008). Enquanto que, o tamanho do coração aumenta principalmente em proporção à massa corporal, o que amplia o volume máximo de ejeção e o débito cardíaco máximo em que a crianças podem atingir, demonstrando na maior capacidade do sistema de transporte de oxigênio (MALINA; BOUCHARD, 2002).

Dentre as variáveis preditoras testadas, o número de voltas e os indicadores de adiposidade como MC, CC, IMC-z e %MG foram os componentes de maior correlação com o $VO_{2pico}MC$ em adolescentes com excesso de peso. Entretanto, foi observado multicolinealidade entre as medidas de IMC-z e a CC e MC. Dessa forma, o IMC-z foi a principal medida inserida nos modelos elaborados, pois explicou de maneira satisfatória as variações dos valores de $VO_{2pico}MC$. Além disso, o IMC-z foi a variável que obteve melhor interação com os demais indicadores testados nas equações, o que contribuiu significativamente para aprimorar os modelos.

Até o momento, o IMC-z não foi utilizado em equações preditivas por outros estudos, enquanto que o IMC foi componente amplamente estudado em diversas equações (MATSUZAKA 2004; MAHAR 2006; MAHAR 2011; SILVA 2012; QUINART 2014). Segundo Saint-Maurice *et al.* (2014) o IMC tende a ter ampla influência sobre a aptidão APCR em crianças e adolescentes, e que pode identificar até 34% da variância entre resultados do $VO_{2pico}MC$. Este fato torna-se evidente e se associa com o relato de Ortega et al. (2008), em que se sugere o $VO_{2pico}MC$ como indicador da obesidade geral e central, que corrobora com a

expectativa relacionada a importância do IMC-z para os modelos. Entretanto, ao contrário do IMC padrão, a padronização por escore z, pode implicar em melhor precisão do real tamanho corporal do adolescente, indicando de forma satisfatória indivíduos acima do peso recomendado para sua faixa etária e sexo.

Neste estudo, para todos os modelos o IMC-z foi inserido a partir da interação com a estatura, bem como para os modelos (B) e (C), que também incluiu-se a interação entre o Número de voltas e a FCmax atingida no SR-20m. Justifica-se a inserção do IMC-z nas equações, porque é medida antropométrica frequentemente utilizada para avaliar o excesso de peso e a obesidade em crianças e adolescentes (DE ONIS, 2009) e que permite comparações nas diferentes faixas etárias por fazer o ajuste baseado em gráficos de padrão de crescimento. Assim, o IMC-z permite a avaliação do estado nutricional independente da faixa etária e sexo (TYSON; FRANK, 2017). A interação entre diferentes variáveis demonstrou melhorar a predição dos modelos em comparação à inserção das variáveis individualmente. Esta estratégia foi estudada em outros estudos com modelos preditivos (LÉGER et al., 1988; MAHAR et al., 2006). A interação entre o número de voltas e a FCmax foi estudado pela primeira vez neste estudo, e demonstrou aprimorar os modelos preditivos. A FCmax diferiu significativamente entre obesos e não obesos, o que pode explicar a contribuição desta variável nos modelos (B) e (C). Estes dados foram encontrados em outros estudos em adolescentes obesos e não obesos (LOFTIN et al., 2001; PASCHOAL; FONTANA, 2011).

Com relação a composição corporal, a massa gorda é considerada tecido inerte para o desempenho físico, que em valores muito acima do adequado pode prejudicar a APCR, bem como a saúde de maneira geral (LOFTIN et al., 2016). Assim, como observado no presente estudo, outros autores relatam que a %MG elevada apresenta efeito negativo para a APCR em adolescentes (BORFE et al., 2017; BURNS et al., 2015; RONQUE et al., 2010). Nesses estudos, foram observados que adolescentes com níveis satisfatórios de APCR exibiam menores valores de porcentagem de %MG. Neste sentido, apesar de que a %MG não colaborou de forma efetiva para os modelos, no modelo C a classificação da %MG, contribuiu significativamente para o aprimoramento do modelo.

Além disso, outro componente da composição corporal estudado foi a MLG (kg). Estudos demonstraram associação significativa e direta entre a MLG e o $VO_{2\text{picoMC}}$ em meninos (GORAN et al., 2000; ARMSTRONG; WELSMAN, 2001; PIENAAR; COETZEE; MONYEKI, 2015). Entretanto, neste estudo a MLG demonstrou associação inversa com a APCR em adolescentes com excesso de peso, bem como não contribuiu significativamente para estimar o $VO_{2\text{picoMC}}$. Estes achados, podem ser explicados, uma vez que indivíduos com maior %MG de gordura, também apresentaram maior peso em MLG, o que explora a teoria de que o excesso de massa gorda atua como sobrecarga constante nas atividades do dia-a-dia, fator que estimula adaptações neuromusculares e hipertróficas (LOPES et al., 2013).

O estilo de vida está significativamente associado ao aumento dos índices de adiposidade e a diminuição do condicionamento físico em adolescentes (CARSON et al., 2016). Entretanto, poucos estudos analisaram os aspectos do estilo de vida de adolescentes como preditores do $VO_{2\text{picoMC}}$ em equações. Os achados, indicam que o tempo de tela diário e o nível de atividade física semanal não contribuíram significativamente para a predição do $VO_{2\text{picoMC}}$. Entretanto, o tempo de tela diário foi inversamente associado com o $VO_{2\text{picoMC}}$ para a amostra total de adolescentes. Ressalta-se que, o comportamento diário e semanal dos adolescentes foi aferido por questionários de alto relato, dessa forma, sugere-se que a interpretação dos resultados e associações relacionadas ao estilo de vida sejam interpretadas com cautela. Neste sentido, existe forte evidência de que o estilo de vida inativo e sedentário tem se apresentado como comportamento de risco para o desenvolvimento de obesidade e doenças relacionadas (TREMBLAY et al., 2011).

Verificou-se que as variáveis faixa etária (anos), EMS, CC, %MG, MLG, tempo de tela e NAF-mv não contribuíram efetivamente para a elaboração de equações preditivas do $VO_{2\text{picoMC}}$. Entretanto, o sexo, IMC-z, estatura, FCmax, e a classificação da %MG contribuíram significativamente para elaboração e aprimoramento dos modelos preditivos propostos. Portanto, **aceita-se parcialmente a H3**, uma vez que a maioria das variáveis propostas não foram possíveis de explicar as variações no $VO_{2\text{picoMC}}$.

Os resultados do presente estudo apresentam três modelos de equações que demonstraram precisão, desempenho e concordância adequados para

estimar o $VO_{2pico}MC$ em adolescentes com excesso de peso. Sendo assim, **aceita-se a H4**. Entretanto, poucos estudos apresentaram avaliação das equações previamente publicadas na literatura de acordo com o estado nutricional da amostra. Dessa forma, para identificar a validade dos modelos de equação desenvolvidos neste estudo, a seguir, será apresentado o debate sobre as análises de validação cruzada de modelos preditivos previamente publicados na literatura, bem como análise de precisão, desempenho de concordância dos modelos, em que se considerou o estado nutricional e sexo da amostra.

5.4. VALIDAÇÃO CRUZADA DE MODELOS PREDITIVOS DO $VO_{2pico}MC$ EM ADOLESCENTES COM EXCESSO DE PESO.

Neste estudo, foram elaborados três novos modelos de regressão para prever o $VO_{2pico}MC$ em adolescentes, que foram estimados e validados para adolescentes com excesso de peso. Além disso, a validade de cinco outras equações publicadas anteriormente também foi verificada. O principal achado deste estudo demonstra que os três novos modelos de equação podem ser considerados adequados para estimar o $VO_{2pico}MC$ em adolescentes com sobrepeso e obesidade. Além disso, foi identificado que os dados fornecidos por quatro de cinco modelos preditivos publicados na literatura podem ser inadequados para predição do $VO_{2pico}MC$ em adolescentes com excesso de peso, enquanto que para adolescentes obesos, nenhum dos modelos publicados foram considerados adequados para estimar o $VO_{2pico}MC$.

Neste sentido, vários estudos realizaram a validação cruzada de equações disponíveis na literatura (BATISTA et al., 2013; ERNESTO et al., 2015). Entretanto o presente trabalho foi o primeiro a validar e realizar a validação cruzada de equações para estimar o $VO_{2pico}MC$ em adolescentes com excesso de peso e obesos. Dessa forma, observou-se que as equações Leger (LÉGER et al., 1988), Barnett (A) (BARNETT; CHAN; BRUCE, 1993), Matsuzaka (A) (MATSUZAKA et al., 2004) e Ruiz (RUIZ et al., 2008), apresentaram pouca confiabilidade para estimar a APCR em adolescentes com ou sem excesso de peso. As equações Leger (LÉGER et al., 1988), Barnett (A) (BARNETT; CHAN; BRUCE, 1993), Matsuzaka (A), Matsuzaka (B) (MATSUZAKA et al., 2004) e Ruiz (RUIZ et al., 2008) apresentam correlações fortes com o $VO_{2pico}MC$ medido,

enquanto que os novos modelos demonstraram correlações muito fortes em adolescentes com excesso de peso.

Dentre as equações testadas, o modelo proposto por Léger et al. (1988), apresentou pior desempenho, e demonstrou superestimar o $VO_{2pico}MC$ em adolescentes com excesso de peso e obesos. Uma possível hipótese para os valores discrepantes entre o $VO_{2pico}MC$ medido e calculado pela equação de Léger et al. (1988) e outras equações como Barnett (A), Matsuzaka (A) e Ruiz é o fato de que utilizam dados de desempenho menos específicos, como a velocidade final e estágio (BATISTA et al., 2013). Os avanços para estes dados de desempenho são registrados apenas a cada minuto do teste. Portanto, quando o teste SR-20m é interrompido momentos depois do encerramento de um estágio ou avanço de velocidade, somente os dados anteriores são considerados, ou seja, o estágio ou velocidade completa pelo indivíduo (BATISTA et al., 2013).

Este relato pode parcialmente justificar a relevância observada para o modelo B proposto por Matsuzaka et al. (2004), que utiliza o número de voltas completas durante o teste. O número de voltas completas no teste SR-20m é um método de registro que pode marcar o progresso do indivíduo com maior precisão e especificidade. Dessa forma, assim como a equação Matsuzaka (B), os modelos A, B e C indicados por este estudo, também consideram o número de voltas completas como parâmetro de desempenho do teste SR-20m.

Relata-se na literatura, que a utilização de mais de uma característica da amostra como faixa etária, sexo, massa corporal, estatura ou IMC nas equações tendem também a exercer maiores valores de associação entre o $VO_{2pico}MC$ medido e calculado (MENEZES-JUNIOR; JESUS; LEITE, 2019). Portanto, outra característica que distingue a equação Matsuzaka (B) e os novos modelos das demais equações, e, que pode justificar a melhor adequação dos modelos testados, é a quantidade de variáveis da amostra inseridas nas equações.

Observa-se que a combinação entre as variáveis de faixa etária, sexo e IMC/IMC-z parecem ser relevantes para maior desempenho do modelo. Dessa forma, tanto os novos modelos quanto as equações propostas por Matsuzaka et al. (2004), utilizaram esta combinação de variáveis, bem como apresentaram maior desempenho e concordância com o $VO_{2pico}MC$ em comparação com os demais modelos. Assim como debatido anteriormente, a utilização de IMC tende

a ter ampla influência sobre a aptidão APCR em crianças e adolescentes (SAINT-MAURICE et al., 2014) Portanto o IMC-z foi a variável que obteve melhor interação com os demais indicadores testados nas equações, e, que contribuiu significativamente para aprimorar os modelos.

Embora as previsões da equação Matsuzaka (B) foram adequados para o grupo de excesso de peso, tanto para meninos quanto para meninas, o seu modelo apresentou menores valores de desempenho e precisão em comparação aos novos modelos A, B e C desta pesquisa. Além disso, a equação Matsuzaka (B) demonstrou ser inadequado para predizer o $VO_{2\text{pico}}\text{MC}$ em adolescentes obesos. Para os modelos deste estudo, foram incluídas as variáveis de estatura, FC_{max} e classificação da %MG. A utilização destas variáveis pode ser relevante para discriminar a APCR em adolescentes com excesso de peso e obesidade, uma vez que se observa que o desempenho preditivo das equações aumenta nos modelos que consideram maior conjunto destes componentes. Estes dados podem explicar a inconsistência da equação Matsuzaka (B) para esta população, principalmente em adolescentes com obesidade.

A utilização da estatura demonstrou melhorar a estimativa do $VO_{2\text{pico}}\text{MC}$ significativamente, sendo que foi a principal diferença entre o modelo A e a equação Matsuzaka (B). Segundo Carvalho et al. (2014) a combinação da estatura, IMC e a faixa etária, são considerados marcadores do processo maturacional e de mudanças na composição corporal, fatores que podem influenciar a expressão do $VO_{2\text{pico}}\text{MC}$. Além disso, o tempo e o processo de maturação e crescimento pode diferir entre meninos e meninas (WERNECK et al., 2016) e conduzir a modificações na APCR de forma distinta (MINATTO; PETROSKI; SILVA, 2013). Dessa forma, pode ser relevante considerar esse conjunto de variáveis em modelos preditivos como apresentado nos novos modelos.

Dentre os modelos publicados, apenas Matsuzaka (B) pode ser adequada para estimar o $VO_{2\text{pico}}\text{MC}$ em adolescentes com excesso de peso, entretanto, foi inadequada para obesos, dessa forma, **aceita-se a hipótese H5**, a qual esperava-se que os modelos publicados teriam desempenho, precisão e concordância inadequados para estimar o $VO_{2\text{pico}}\text{MC}$ em adolescentes com excesso de peso.

Este estudo ofereceu três modelos preditivos do $VO_{2\text{pico}}\text{MC}$ com validade para adolescentes com excesso de peso por meio do teste SR-20m. Além disso, os novos modelos também apresentaram dados de desempenho, precisão e concordância relevantes, e demonstram serem adequados para estimar o $VO_{2\text{pico}}\text{MC}$ em meninos e meninas. Portanto, o modelo A foi caracterizado pela simplicidade do conjunto de variáveis preditoras. Este modelo comporta as variáveis de número de voltas, estatura, IMC-z, faixa etária e sexo, e pode ser um potencial meio de prever a APCR de adolescentes em estudos epidemiológicos com grandes populações. Enquanto que os modelos B e C apresentam maior complexidade de instrumentos para mensuração da FCmax, e, %MG para o modelo C. Sendo assim, o modelo C foi a equação que explicou de maneira mais adequada as variações no $VO_{2\text{pico}}\text{MC}$ em adolescentes com excesso de peso, porém apresentou tendência de resíduos para a amostra total de meninas, o que pode indicar não ser opção interessante para meninas eutróficas.

Por fim, neste estudo foi possível explorar lacunas e a responder questões relacionadas à APCR e modelos preditivos em adolescentes. Evidenciou-se que o uso do equipamento analisador metabólico COSMED K4b² não interfere no desempenho do teste de esforço SR-20m, independentemente do sexo ou estado nutricional. Além disso, foi identificado que o $VO_{2\text{pico}}\text{MC}$ pode ser a melhor escala para discriminar características da amostra, como sexo, indicadores de adiposidade, MLG e tempo de tela. Constatou-se que o EMS, MC, CC, %MG, MLG, tempo de tela e NAF-mv não foram variáveis preditoras significativas do $VO_{2\text{pico}}\text{MC}$ para a amostra deste estudo. Enquanto que foi identificado que as variáveis de faixa etária, sexo, estatura, IMC-z, FCmax e classificação da %MG foram relevantes preditoras para estimar o $VO_{2\text{pico}}\text{MC}$ em adolescentes com excesso de peso. Por fim, de acordo com as análises, nenhum dos modelos preditivos publicado na literatura, que foram testados por este estudo, atingiram desempenho, precisão e concordância adequados para estimar o $VO_{2\text{pico}}\text{MC}$ em adolescentes com excesso de peso e obesidade.

5.5. PONTOS FORTES E LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Os pontos fortes do estudo estão na estratégia de estimar e validar os novos modelos de equações, com base em vários pressupostos: (a) a medida objetiva e direta do consumo de oxigênio, enquanto adolescentes realizam o SR-20m; (b) o emprego de diferentes variáveis para elaborar os modelos preditivos; (c) a análise de dados em três níveis de grupo (amostra total, grupo de estimativas e grupo de validação cruzada); (d) a análise de desempenho, precisão e concordância de equações em um grupo de validação cruzada; (e) a análise de precisão de equações em grupos de acordo com o estado nutricional e sexo; e (f) o uso de estatísticas robustas para análise de validação. Portanto, a partir dos dados deste estudo futuras pesquisas com grandes populações, podem se beneficiar das opções entre os três modelos, utilizando-os de acordo com o acervo de equipamentos e avaliações disponíveis.

Este estudo também apresenta limitações que devem ser evidenciadas: (a) o limitado número de meninos e meninas em cada estratificação pelo estado nutricional; (b) o uso de questionários de auto relato para estimar o tempo de tela e o nível de atividade física; e (c) não foi utilizado o método de referência (DEXA) para mensurar a massa gorda e a massa livre de gordura. Dessa forma, sugere-se que futuras pesquisas explorem os novos modelos e outras equações presentes na literatura em adolescentes com diferentes condições de saúde. Além disso, recomenda-se que outras características da amostra sejam estudadas para aprimorar a predição do $VO_{2\text{pico}}\text{MC}$ em adolescentes com obesidade.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo conclui que o uso do equipamento analisador metabólico portátil (COSMED, K4b²) não interfere significativamente no desempenho do teste SR-20m em adolescentes, independentemente do sexo ou estado nutricional, portanto rejeita-se a hipótese 1.

Foi identificado que características da amostra como sexo, estágio de maturação sexual, índice de massa corporal escore z, porcentagem de massa gorda, circunferência da cintura e nível de atividade física em intensidade moderado-vigoroso são capazes de discriminar variações no $VO_{2\text{pico}}\text{MC}$ em adolescentes, enquanto que foi possível identificar diferença no $VO_{2\text{pico}}\text{MC}$ de acordo com o tempo de tela somente em adolescentes com excesso de peso, portanto aceita-se parcialmente a hipótese 2.

Além disso, foi observado contribuição significativa somente das variáveis de sexo, faixa etária, índice de massa corporal escore z, frequência cardíaca máxima, classificação da porcentagem de massa gorda e número de voltas no teste shuttle run de 20 metros para elaboração dos três modelos preditivos do $VO_{2\text{pico}}\text{MC}$ para adolescentes, portanto aceita-se parcialmente a hipótese 3.

Após a aplicação dos testes de precisão, desempenho e concordância, nenhuma das cinco equações publicadas na literatura apresentaram validade para estimar o $VO_{2\text{pico}}\text{MC}$ em adolescentes com excesso de peso, aceitando-se a hipótese 4.

Portanto, os três novos modelos preditivos mostraram-se adequados para estimar o $VO_{2\text{pico}}\text{MC}$ em adolescentes com excesso de peso, em ambos os sexos, aceitando-se a hipótese 5.

Por fim, os modelos A, B ou C, oriundos desta pesquisa, podem ser utilizados pois apresentaram desempenho, precisão e concordância válidos para estimar o $VO_{2\text{pico}}\text{MC}$ em crianças e adolescentes com excesso de peso. Dessa forma, sugere-se o modelo A como equação potencial na avaliação da APCR em adolescentes com excesso de peso, uma vez que além de apresentar boa validade preditiva, também envolve variáveis de pouca complexibilidade de aferição.

REFERÊNCIAS

- ABARCA-GÓMEZ, Leandra et al. Worldwide trends in body-mass index, underweight, overweight, and obesity from 1975 to 2016: a pooled analysis of 2416 population-based measurement studies in 128·9 million children, adolescents, and adults. **The Lancet**, [s. l.], v. 390, n. 10113, p. 2627–2642, 2017.
- AGUILAR, Macarena M. et al. Screen time impairs the relationship between physical fitness and academic attainment in children TT - O tempo de tela prejudica a relação entre a forma física e o sucesso acadêmico em crianças. **Jornal de Pediatria**, [s. l.], v. 91, n. 4, p. 339–345, 2015.
- ANTUNES, B. M. et al. Sleep quality and duration are associated with performance in maximal incremental test. **Physiology and Behavior**, [s. l.], v. 177, p. 252–256, 2017.
- ARENA, Ross; CAHALIN, Lawrence P. Evaluation of cardiorespiratory fitness and respiratory muscle function in the obese population. **Progress in Cardiovascular Diseases**, [s. l.], v. 56, n. 4, p. 457–464, 2014.
- ARMSTRONG, Neil; WELSMAN, Joanne. Peak oxygen uptake in relation to growth and maturation in 11- to 17-year-old humans. **European Journal of Applied Physiology**, [s. l.], v. 85, n. 6, p. 546–551, 2001.
- ARMSTRONG, Neil; WELSMAN, Joanne R. Development of Aerobic Fitness during Childhood and Adolescence. **Pediatric Exercise Science**, [s. l.], v. 12, n. 2, p. 128–149, 2000.
- ASHWELL, Margaret; GIBSON, Sigrid. Waist-to-height ratio as an indicator of 'early health risk': simpler and more predictive than using a 'matrix' based on BMI and waist circumference. **BMJ Open**, [s. l.], v. 6, n. 3, p. e010159, 2016.
- BAI, Yang et al. The associations of youth physical activity and screen time with fatness and fitness: The 2012 NHANES national youth fitness survey. **PLoS ONE**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 1–13, 2016.
- BALES, Dennis W. et al. The influence of supporting the Oxylog instrument on estimated maximal aerobic capacity during a step test and heart rate in a lifting test. **Applied Ergonomics**, [s. l.], v. 32, n. 4, p. 367–377, 2001.
- BARNETT, Anthony; CHAN, Lawrence Y. S.; BRUCE, Lain C. A Preliminary Study of the 20-m Multistage Shuttle Run as a Predictor of Peak VO₂ in Hong Kong Chinese Students. **Pediatric Exercise Science**, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 42–50, 1993.
- BATISTA, Mariana B. et al. Validity of equations for estimating v o₂peak from the 20-m shuttle run test in adolescents aged 11-13 years. **Journal of Strength and Conditioning Research**, [s. l.], v. 27, n. 10, p. 2774–2781, 2013.
- BATISTA, Mariana Biagi et al. VALIDADE DE TESTES DE CAMPO PARA

ESTIMATIVA DA APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA EM CRIANÇAS E ADOLESCENTES: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA. **Revista Paulista de Pediatria**, [s. l.], v. 35, n. 2, p. 222–233, 2017.

BERMEJO-CANTARERO, Alberto et al. Association between physical activity, sedentary behavior, and fitness with health related quality of life in healthy children and adolescents. **Medicine**, [s. l.], v. 96, n. 12, p. e6407, 2017.

BIDDLE, Stuart J. H. et al. Too much sitting and all-cause mortality: is there a causal link? **BMC Public Health**, [s. l.], v. 16, n. 1, p. 635, 2016.

BIDDLE, Stuart J. H.; GARCÍA BENGOCHEA, Enrique; WIESNER, Glen. Sedentary behaviour and adiposity in youth: a systematic review of reviews and analysis of causality. **International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity**, [s. l.], v. 14, n. 1, p. 43, 2017.

BLAND, J. M.; ALTMAN, Douglas G. STATISTICAL METHODS FOR ASSESSING AGREEMENT BETWEEN TWO METHODS OF CLINICAL MEASUREMENT. **The Lancet**, [s. l.], v. 327, n. 8476, p. 307–310, 1986.

BLOCH, Katia Vergetti et al. ERICA: Prevalences of hypertension and obesity in Brazilian adolescents. **Revista de Saude Publica**, [s. l.], v. 50, n. suppl 1, p. 1s–12s, 2016.

BOCCHI, Edimar Alcides. Heart Failure in South America. **Current Cardiology Reviews**, [s. l.], v. 9, n. 2, p. 147–156, 2013.

BOIARSKAIA, Elena A. et al. Cross-Validation of an Equating Method Linking Aerobic FITNESSGRAM® Field Tests. **American Journal of Preventive Medicine**, [s. l.], v. 41, n. 4, p. S124–S130, 2011.

BORFE, Leticia et al. Associação entre a obesidade infantil e a capacidade cardiorrespiratória: revisão sistemática. **Revista Brasileira em promoção da Saúde**, [s. l.], v. 30, n. 1, p. 118–124, 2017.

BOUCHARD, C. et al. A method to assess energy expenditure in children and adults. **The American journal of clinical nutrition**, United States, v. 37, n. 3, p. 461–467, 1983.

BUCHAN, Duncan S.; BAKER, Julien S. Utility of Body Mass Index, Waist-to-Height-Ratio and cardiorespiratory fitness thresholds for identifying cardiometabolic risk in 10.4–17.6-year-old children. **Obesity Research & Clinical Practice**, [s. l.], v. 11, n. 5, p. 567–575, 2017.

BURNS, Ryan D. et al. Cross-Validation of Aerobic Capacity Prediction Models in Adolescents. **Pediatric Exercise Science**, [s. l.], v. 27, n. 3, p. 404–411, 2015.

BURNS, Ryan D. et al. Development of an aerobic capacity prediction model from one-mile run/walk performance in adolescents aged 13–16 years. **Journal of Sports Sciences**, [s. l.], v. 34, n. 1, p. 18–26, 2016.

CABANAS-SÁNCHEZ, Verónica et al. Associations of total sedentary time, screen time and non-screen sedentary time with adiposity and physical fitness in youth: the mediating effect of physical activity. **Journal of Sports Sciences**, [s. l.], v. 00, n. 00, p. 1–11, 2018.

CARSON, Valerie et al. Associations between sleep duration, sedentary time, physical activity, and health indicators among Canadian children and youth using compositional analyses ¹. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, [s. l.], v. 41, n. 6 (Suppl. 3), p. S294–S302, 2016. a.

CARSON, Valerie et al. Associations between sleep duration, sedentary time, physical activity, and health indicators among Canadian children and youth using compositional analyses ¹. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, [s. l.], v. 41, n. 6 (Suppl. 3), p. S294–S302, 2016. b.

CARVALHO, Humberto M. et al. Physical growth and changes in intermittent endurance run performance in young male basque soccer players. **Research in Sports Medicine**, [s. l.], v. 22, n. 4, p. 408–424, 2014.

CASTRO-PINERO, J. et al. Criterion-related validity of field-based fitness tests in youth: a systematic review. **British Journal of Sports Medicine**, [s. l.], v. 44, n. 13, p. 934–943, 2010.

CASTRO-PIÑERO, José et al. Cardiorespiratory Fitness Cutoff Points for Early Detection of Present and Future Cardiovascular Risk in Children. **Mayo Clinic Proceedings**, [s. l.], v. 92, n. 12, p. 1753–1762, 2017.

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. **National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) anthropometry procedures manual**. [s.l: s.n.].

COELHO-E-SILVA, Manuel J. et al. Nutritional status, biological maturation and cardiorespiratory fitness in Azorean youth aged 11-15 years. **BMC Public Health**, [s. l.], v. 13, n. 1, 2013. a.

COELHO-E-SILVA, Manuel J. et al. Nutritional status, biological maturation and cardiorespiratory fitness in Azorean youth aged 11–15 years. **BMC Public Health**, [s. l.], v. 13, n. 1, p. 495, 2013. b.

DA SILVA, Simonete Pereira et al. Aptidão cardiorespiratória e composição corporal em crianças e adolescentes. **Motriz**, [s. l.], v. 16, n. 3, p. 664–671, 2010.

DE ONIS, Mercedes. WHO Child Growth Standards. **Revista chilena de pediatria**, [s. l.], v. 80, n. 4, p. 13–17, 2009.

DENISE, Eliane et al. Physical activity and biological maturation: a systematic review. **Revista Paulista de Pediatria**, [s. l.], v. 33, n. 1, p. 114–121, 2015.

DIAS, Douglas Fernando; LOCH, Mathias Roberto; RONQUE, Enio Ricardo Vaz. Barreiras percebidas à prática de atividades físicas no lazer e fatores associados em adolescentes. **Ciência & Saúde Coletiva**, [s. l.], v. 20, n. 11, p.

3339–3350, 2015.

ERNESTO, C. et al. Cross validation of different equations to predict aerobic fitness by the shuttle run 20 meters test in Brazilian students. **Journal of Exercise Physiology Online**, [s. l.], v. 18, n. 1, p. 46–55, 2015.

EVANS, J. D. **Straightforward Statistics for the Behavioral Sciences**. California: Pacific Grove, 1996.

FERNÁNDEZ, José R. et al. Waist circumference percentiles in nationally representative samples of African-American, European-American, and Mexican-American children and adolescents. **The Journal of Pediatrics**, [s. l.], v. 145, n. 4, p. 439–444, 2004.

FERNHALL, B. et al. Validation of cardiovascular fitness field tests in children with mental retardation. **American journal of mental retardation : AJMR**, [s. l.], v. 102, n. 6, p. 602–12, 1998.

GADAIS, Tegwen et al. Environments favorable to healthy lifestyles: A systematic review of initiatives in Canada. **Journal of Sport and Health Science**, [s. l.], v. 7, n. 1, p. 7–18, 2018.

GAULT, Mandy L.; CLEMENTS, Richard E.; WILLEMS, Mark E. T. Effect of Wearing the Cosmed K4b(2) Metabolic System on 1 Mile Walking Performance in Older Adults. **Journal of Human Kinetics**, [s. l.], v. 21, n. April, p. 41–48, 2009.

GBD. Health Effects of Overweight and Obesity in 195 Countries over 25 Years. **New England Journal of Medicine**, [s. l.], v. 377, n. 1, p. 13–27, 2017.

GEITHNER, Christina A. et al. Growth in peak aerobic power during adolescence. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, [s. l.], v. 36, n. 9, p. 1616–1624, 2004.

GLEESON, Michael et al. The anti-inflammatory effects of exercise: mechanisms and implications for the prevention and treatment of disease. **Nature Reviews Immunology**, [s. l.], v. 11, n. 9, p. 607–615, 2011.

GOMES, Kamilla Bolonha; CARLETTI, Luciana; PEREZ, Anselmo José. Desempenho em teste cardiopulmonar de adolescentes: peso normal e excesso de peso. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, [s. l.], v. 20, n. 3, p. 195–199, 2014.

GONCALVES, Eliane Cristina de Andrade; SILVA, Diego Augusto Santos; NUNES, Heloyse Elaine Gimenes. Prevalence and Factors Associated With Low Aerobic Performance Levels in Adolescents: A Systematic Review. **Current Pediatric Reviews**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 56–70, 2015.

GORAN, M. et al. Total body fat does not influence maximal aerobic capacity. **International journal of obesity and related metabolic disorders : journal of the International Association for the Study of Obesity**, England, v. 24, n. 7, p. 841–848, 2000.

GREGOR, Margaret F.; HOTAMISLIGIL, Gökhan S. Inflammatory Mechanisms in Obesity. **Annual Review of Immunology**, [s. l.], v. 29, n. 1, p. 415–445, 2011.

GUEDES, Dartagnan Pinto; GUEDES, Joana Elisabete Ribeiro Pinto. **Manual Prático Para Avaliação Em Educação Física**. São Paulo: Editora Manole Ltda, 2006.

GUTHOLD, Regina et al. Worldwide trends in insufficient physical activity from 2001 to 2016: a pooled analysis of 358 population-based surveys with 1·9 million participants. **The Lancet Global Health**, [s. l.], v. 6, n. 10, p. e1077–e1086, 2018.

HAMLIN, Michael J. et al. Measurement of Cardiorespiratory Fitness in Children from Two Commonly Used Field Tests After Accounting for Body Fatness and Maturity. **Journal of Human Kinetics**, [s. l.], v. 40, n. 1, p. 83–92, 2014.

HAMMAMI, Amri et al. Effects of soccer training on health-related physical fitness measures in male adolescents. **Journal of Sport and Health Science**, [s. l.], v. 7, n. 2, p. 169–175, 2018.

HANSEN, D. et al. Exercise tolerance in obese vs. lean adolescents: A systematic review and meta-analysis. **Obesity Reviews**, [s. l.], v. 15, n. 11, p. 894–904, 2014.

HANSEN, Dominique et al. Physical Therapy as Treatment for Childhood Obesity in Primary Health Care: Clinical Recommendation From AXXON (Belgian Physical Therapy Association). **Physical Therapy**, [s. l.], v. 96, n. 6, p. 850–864, 2016.

HARDY, Louise L. et al. Association Between Sitting, Screen Time, Fitness Domains, and Fundamental Motor Skills in Children Aged 5–16 Years: Cross-Sectional Population Study. **Journal of Physical Activity and Health**, [s. l.], p. 1–8, 2018.

HOLLOWAY, Graham P.; BONEN, Arend; SPRIET, Lawrence L. Regulation of skeletal muscle mitochondrial fatty acid metabolism in lean and obese individuals. **American Journal of Clinical Nutrition**, [s. l.], v. 89, n. 1, p. 455S–462S, 2008.

KENNEY, Erica L.; GORTMAKER, Steven L. United States Adolescents' Television, Computer, Videogame, Smartphone, and Tablet Use: Associations with Sugary Drinks, Sleep, Physical Activity, and Obesity. **Journal of Pediatrics**, [s. l.], v. 182, p. 144–149, 2017.

KHAN, Tauseef A.; SIEVENPIPER, John L. Controversies about sugars: results from systematic reviews and meta-analyses on obesity, cardiometabolic disease and diabetes. **European Journal of Nutrition**, [s. l.], v. 55, n. s2, p. 25–43, 2016.

KULINSKI, Jacquelyn P. et al. Association between cardiorespiratory fitness and accelerometer-derived physical activity and sedentary time in the general

population. **Mayo Clinic Proceedings**, [s. l.], v. 89, n. 8, p. 1063–1071, 2014.

LAMBRICK, D. et al. The efficacy of a discontinuous graded exercise test in measuring peak oxygen uptake in children aged 8 to 10 years. **Biology of Sport**, [s. l.], v. 34, n. 1, p. 57–61, 2017.

LANG, Justin J. et al. Systematic review of the relationship between 20 m shuttle run performance and health indicators among children and youth. **Journal of Science and Medicine in Sport**, [s. l.], v. 21, n. 4, p. 383–397, 2018.

LEGER, L. et al. Leger L et al Capacité des Québécois 6-17 ans Test navette 20 m. [s. l.], 1984.

LÉGER, L. A. et al. The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. **Journal of Sports Sciences**, [s. l.], v. 6, n. 2, p. 93–101, 1988.

LÉGER, L. A.; LAMBERT, J. A Maximal.Multistage 20-m Shuttle Run Test to Predict VO₂ max*. **European Journal of Applied Physiology**, [s. l.], v. 49, p. 1–12, 1982.

LEITE, N. et al. Effects of physical exercise and nutritional guidance on metabolic syndrome in obese adolescents. / Efeito do exercício físico e da orientação nutricional na síndrome metabólica em adolescentes obesos. **Brazilian Journal of Physical Therapy / Revista Brasileira de Fisioterapia**, [s. l.], v. 13, n. 1, p. 73–81, 2009.

LEITE, Neiva et al. ADRB2 Gln27Glu polymorphism influenced changes in leptin but not body composition or metabolic and other inflammatory parameters after twelve weeks of combined training in overweight adolescents. **Motriz: Revista de Educação Física**, [s. l.], v. 23, n. spe2, p. 1–13, 2018.

LISSAU, Inge et al. Body Mass Index and Overweight in Adolescents in 13 European Countries, Israel, and the United States. [s. l.], v. 158, p. 27–33, 2015.

LIU, Nora Y. S.; PLOWMAN, Sharon A.; LOONEY, Marilyn A. The Reliability and Validity of the 20-Meter Shuttle Test in American Students 12 to 15 Years Old. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, [s. l.], v. 63, n. 4, p. 360–365, 1992.

LO, K. et al. Waist-to-height ratio, body mass index and waist circumference for screening paediatric cardio-metabolic risk factors: a meta-analysis. **Obesity Reviews**, [s. l.], v. 17, n. 12, p. 1258–1275, 2016.

LOFTIN, Mark et al. Scaling V O₂ Peak in Obese and Non-obese Girls. **Pediatric obesity**, [s. l.], v. 9, n. 5, 2001.

LOFTIN, Mark et al. Expression of VO₂peak in Children and Youth, with Special Reference to Allometric Scaling. **Sports Medicine**, [s. l.], v. 46, n. 10, p. 1451–1460, 2016.

LOHMAN, T. G.; ROCHE, A. F.; MARTORELL, R. **Anthropometric standardization reference manual**. Champaign, IL: Human Kinetics Books, 1988.

LOPES, Wendell et al. Influência da obesidade na força muscular de membros inferiores e superiores em adolescentes. **Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde**, [s. l.], v. 18, n. 06, 2013.

LOPES, Wendell Arthur et al. Effects of 12 weeks of combined training without caloric restriction on inflammatory markers in overweight girls. **Journal of Sports Sciences**, [s. l.], v. 34, n. 20, p. 1902–1912, 2016.

LOPEZ-CANDALES, Angel et al. Linking Chronic Inflammation with Cardiovascular Disease: From Normal Aging to the Metabolic Syndrome. **Journal of nature and science**, United States, v. 3, n. 4, 2017.

LOURENÇO, Benito; BRUNI QUEIROZ, Lígia. Crescimento e desenvolvimento puberal na adolescência. **Rev Med (São Paulo)**, [s. l.], v. 89, n. 2, p. 70–5, 2010.

MACFARLANE, Duncan J. Open-circuit respirometry: a historical review of portable gas analysis systems. **European Journal of Applied Physiology**, [s. l.], v. 117, n. 12, p. 2369–2386, 2017.

MAHAFFEY, Ryan et al. Clinical outcome measures for monitoring physical function in pediatric obesity: An integrative review. **Obesity**, [s. l.], v. 24, n. 5, p. 993–1017, 2016.

MAHAR, Matthew T. et al. Development and Validation of a Regression Model to Estimate VO₂ peak From PACER 20-m Shuttle Run Performance. **Journal of Physical Activity & Health**, [s. l.], v. 3, n. 3, p. 34–46, 2006.

MAHAR, Matthew T. et al. Estimation of Aerobic Fitness from 20-m Multistage Shuttle Run Test Performance. **American Journal of Preventive Medicine**, [s. l.], v. 41, n. 4, p. S117–S123, 2011.

MALINA, Robert M.; BOUCHARD, Claude. **Atividade física do atleta jovem: do crescimento à maturação**. 2ª ed ed. São Paulo.

MALMBERG, Jarmo J. et al. A health-related fitness and functional performance test battery for middle-aged and older adults: Feasibility and health-related content validity. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, [s. l.], v. 83, n. 5, p. 666–677, 2002.

MATSUZAKA, Akira et al. Validity of the Multistage 20-M Shuttle-Run Test for Japanese Children, Adolescents, and Adults. **Pediatric Exercise Science**, [s. l.], v. 16, n. 2, p. 113–125, 2004.

MATTHEWS, Charles E. et al. Amount of time spent in sedentary behaviors and cause-specific mortality in US adults 1 – 3. **The American Journal of Clinical Nutrition**, [s. l.], v. 95, n. 2, p. 437–445, 2012.

MAYORGA-VEGA, Daniel; AGUILAR-SOTO, Pablo; VICIANA, Jesús. Criterion-related validity of the 20-m shuttle run test for estimating cardiorespiratory fitness: A meta-analysis. **Journal of Sports Science and Medicine**, [s. l.], v. 14, n. 3, p. 536–547, 2015.

MCAULEY, Paul A.; BEAVERS, Kristen M. Contribution of cardiorespiratory fitness to the obesity paradox. **Progress in Cardiovascular Diseases**, [s. l.], v. 56, n. 4, p. 434–440, 2014.

MCDONALD, Samantha M. et al. Differential association of cardiorespiratory fitness and central adiposity among US adolescents and adults: A quantile regression approach. **Preventive Medicine**, [s. l.], v. 88, p. 1–7, 2016.

MELO, Xavier et al. Comparing several equations that predict peak VO₂ using the 20-m multistage-shuttle run-test in 8-10-year-old children. **European Journal of Applied Physiology**, [s. l.], v. 111, n. 5, p. 839–849, 2011.

MENEZES-JUNIOR, Francisco José De; JESUS, Íncare Correa De; LEITE, Neiva. Predictive equations of maximum oxygen consumption by shuttle run test in children and adolescents: a systematic review. **Revista Paulista de Pediatria**, [s. l.], v. 37, n. 2, 2019.

MILITELLO, Lisa K. et al. A Review of Systematic Reviews Targeting the Prevention and Treatment of Overweight and Obesity in Adolescent Populations. **Journal of Adolescent Health**, [s. l.], v. 000, 2018.

MINATTO, Giseli et al. Idade, maturação sexual, variáveis antropométricas e composição corporal: Influências na flexibilidade. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, [s. l.], v. 12, n. 3, p. 151–158, 2010.

MINATTO, Giseli et al. School-Based Interventions to Improve Cardiorespiratory Fitness in Adolescents: Systematic Review with Meta-analysis. **Sports Medicine**, [s. l.], v. 46, n. 9, p. 1273–1292, 2016.

MINATTO, Giseli; PETROSKI, Edio Luiz; SILVA, Diego Augusto S. Gordura corporal, aptidão muscular e cardiorrespiratória segundo a maturação sexual em adolescentes brasileiros de uma cidade de colonização germânica. **Revista Paulista de Pediatria**, [s. l.], v. 31, n. 2, p. 189–197, 2013.

MINISTÉRIO DA SAÚDE; IBGE. **Pesquisa Nacional de Saúde do Escolar 2015**. Rio de Janeiro: Ministério da Saúde.

MITCHELL, Jere H.; SPROULE, Brian J.; CHAPMAN, Carleton B. THE PHYSIOLOGICAL MEANING OF THE MAXIMAL OXYGEN INTAKE TEST1. **Journal of Clinical Investigation**, [s. l.], v. 37, n. 4, p. 538–547, 1958.

MITCHELL, JONATHAN A.; PATE, RUSSELL R.; BLAIR, STEVEN N. Screen-Based Sedentary Behavior and Cardiorespiratory Fitness from Age 11 to 13. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, [s. l.], v. 44, n. 7, p. 1302–1309, 2012.

MOLINA-GARCIA, Pablo et al. Fatness and fitness in relation to functional movement quality in overweight and obese children. **Journal of Sports Sciences**, [s. l.], v. 00, n. 00, p. 1–8, 2018.

MORAN, Cristiane A. et al. Performance and reproducibility on shuttle run test between obese and non-obese children: a cross-sectional study. **BMC Pediatrics**, [s. l.], v. 17, n. 1, p. 68, 2017.

MOREIRA, Carla et al. Comparison of different VO2max equations in the ability to discriminate the metabolic risk in Portuguese adolescents. **Journal of Science and Medicine in Sport**, [s. l.], v. 14, n. 1, p. 79–84, 2011.

MORROW, James R. et al. Meeting physical activity guidelines and health-related fitness in youth. **American Journal of Preventive Medicine**, [s. l.], v. 44, n. 5, p. 439–444, 2013.

MOTA, Jorge et al. Association of maturation, sex, and body fat in cardiorespiratory fitness. **American Journal of Human Biology**, [s. l.], v. 14, n. 6, p. 707–712, 2002.

NEIL ARMSTRONG; MECHELEN, Willem Van. **Paediatric Exercise Science and Medicine**. 2ed. ed. New York: Oxford University Press, 2008.

NOOIJEN, C. F. J. et al. Effectiveness of interventions on physical activity in overweight or obese children: a systematic review and meta-analysis including studies with objectively measured outcomes. **Obesity Reviews**, [s. l.], v. 18, n. 2, p. 195–213, 2017.

OKTAY, Ahmet Afşin et al. The Interaction of Cardiorespiratory Fitness With Obesity and the Obesity Paradox in Cardiovascular Disease. **Progress in Cardiovascular Diseases**, [s. l.], v. 60, n. 1, p. 30–44, 2017.

ORTEGA, F. B. et al. Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. **International Journal of Obesity**, England, v. 32, n. 1, p. 1–11, 2008.

ORTEGA, Ricardo et al. Cardiorespiratory fitness and development of abdominal obesity. **Preventive Medicine**, [s. l.], v. 118, n. April 2018, p. 232–237, 2019.

PASCHOAL, Mário Augusto; FONTANA, Caio Cesar. Método do limiar de variabilidade da frequência cardíaca aplicado em pré-adolescentes obesos e não obesos. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, [s. l.], v. 96, n. 6, p. 450–456, 2011.

PEREIRA, Thais Almeida; BERGMANN, Mauren Lúcia de Araújo; BERGMANN, Gabriel Gustavo. FATORES ASSOCIADOS À BAIXA APTIDÃO FÍSICA DE ADOLESCENTES. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, [s. l.], v. 22, n. 3, p. 176–181, 2016.

PIANOSI, Paolo et al. Pediatric Exercise Testing: Value and Implications of Peak Oxygen Uptake. **Children**, [s. l.], v. 4, n. 1, p. 6, 2017.

PIENAAR, Cindy; COETZEE, Ben; MONYEKI, Andries M. The use of anthropometric measurements and the influence of demographic factors on the prediction of $\dot{V}O_{2\max}$ in a cohort of adolescents: the PAHL study. **Annals of Human Biology**, [s. l.], v. 42, n. 2, p. 135–143, 2015.

PITETTI, Kenneth H.; FERNHALL, Bo; FIGONI, Steve. Comparing Two Regression Formulas That Predict $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ Using the 20-M Shuttle Run for Children and Adolescents. **Pediatric Exercise Science**, [s. l.], v. 14, n. 2, p. 125–134, 2002.

PIZZI, Juliana et al. Reduction in Butyrylcholinesterase Activity and Cardiovascular Risk Factors in Obese Adolescents after 12-Weeks of High-Intensity Interval Training. **Journal of Exercise Physiology Online**, [s. l.], v. 20, n. 3, p. 110–121, 2017.

POOLE, David C.; JONES, Andrew M. Measurement of the maximum oxygen uptake $\dot{V}O_{2\max}$: $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ is no longer acceptable. **Journal of Applied Physiology**, [s. l.], v. 122, n. 4, p. 997–1002, 2017.

POZUELO-CARRASCOSA, Diana P. et al. Effectiveness of school-based physical activity programmes on cardiorespiratory fitness in children: a meta-analysis of randomised controlled trials. **British Journal of Sports Medicine**, [s. l.], v. 0, p. bjsports-2017-097600, 2017.

QUINART, Sylvain et al. Evaluation of cardiorespiratory fitness using three field tests in obese adolescents: Validity, sensitivity and prediction of peak $\dot{V}O_2$. **Journal of Science and Medicine in Sport**, [s. l.], v. 17, n. 5, p. 521–525, 2014.

RACIL, Ghazi et al. Plyometric exercise combined with high-intensity interval training improves metabolic abnormalities in young obese females more so than interval training alone. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, [s. l.], v. 41, n. 1, p. 103–109, 2016.

RAMÍREZ-VÉLEZ, Robinson et al. Comparison of Different Maximal Oxygen Uptake Equations to Discriminate the Cardiometabolic Risk in Children and Adolescents. **The Journal of Pediatrics**, [s. l.], p. 1–7, 2018.

RANA, Jamal S. et al. Increased level of cardiorespiratory fitness blunts the inflammatory response in metabolic syndrome. **International Journal of Cardiology**, [s. l.], v. 110, n. 2, p. 224–230, 2006.

RÉ, Alessandro H. Nicolai. Crescimento, maturação e desenvolvimento na infância e adolescência: Implicações para o esporte. / Growth, maturation and development during childhood and adolescence: Implications for sports practice. **Motricidade**, [s. l.], v. 7, n. 3, p. 55–67, 2011.

RIVERA, Juan Ángel et al. Childhood and adolescent overweight and obesity in Latin America: a systematic review. **The Lancet Diabetes & Endocrinology**, [s. l.], v. 2, n. 4, p. 321–332, 2014.

RODRIGUES, Anabel N. et al. Maximum oxygen uptake in adolescents as

measured by cardiopulmonary exercise testing: a classification proposal. **Jornal de Pediatria**, [s. l.], v. 82, n. 6, p. 426–430, 2006.

RONQUE, Enio Ricardo V. et al. Relação entre aptidão cardiorrespiratória e indicadores de adiposidade corporal em adolescentes. **Revista Paulista de Pediatria**, [s. l.], v. 28, n. 3, p. 296–302, 2010.

RUIZ, Jonatan R. et al. Artificial neural network-based equation for estimating VO₂max from the 20 m shuttle run test in adolescents. **Artificial Intelligence in Medicine**, [s. l.], v. 44, n. 3, p. 233–245, 2008.

RUIZ, Jonatan R. et al. Criterion-related validity of the 20-m shuttle run test in youths aged 13–19 years. **Journal of Sports Sciences**, [s. l.], v. 27, n. 9, p. 899–906, 2009.

RUIZ, Jonatan R. et al. Cardiorespiratory fitness and ideal cardiovascular health in European adolescents. **Heart**, [s. l.], v. 101, n. 10, p. 766–773, 2015.

SAINT-MAURICE, Pedro F. et al. Measurement agreement between estimates of aerobic fitness in youth: The impact of body mass index. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, [s. l.], v. 85, n. 1, p. 59–67, 2014.

SAINT-MAURICE, Pedro F. et al. Cross-Validation of a PACER Prediction Equation for Assessing Aerobic Capacity in Hungarian Youth. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, [s. l.], v. 86, n. sup1, p. S66–S73, 2015.

SANT'ANNA, Mônica de Souza L.; PRIORE, Silvia Eloíza; FRANCESCHINI, Sylvia do Carmo C. Métodos de avaliação da composição corporal em crianças. **Revista Paulista de Pediatria**, [s. l.], v. 27, n. 3, p. 315–321, 2009.

SANTOS, Diana Aguiar et al. Fatores Determinantes na aptidão cardiorrespiratória em Portugueses de diferentes etnias. DOI: 10.5007/1980-0037.2011v13n4p243. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, [s. l.], v. 13, n. 4, p. 243–249, 2011.

SARTOR, Francesco et al. Estimation of maximal oxygen uptake via submaximal exercise testing in sports, clinical, and home settings. **Sports Medicine**, [s. l.], v. 43, n. 9, p. 865–873, 2013.

SILVA, Gustavo et al. Calculation and validation of models for estimating VO₂max from the 20-m shuttle run test in children and adolescents. **Archives of Exercise in Health and Disease**, [s. l.], v. 3, p. 145–152, 2012. a.

SILVA, Gustavo et al. Calculation and validation of models for estimating VO₂max from the 20-m shuttle run test in children and adolescents. **Archives of Exercise in Health and Disease**, [s. l.], v. 3, p. 145–152, 2012. b.

SISVAN. **Sistema de Vigilância Alimentar e Nutricional do Escolar (SISVAN) 2017** SECRETARIA MUNICIPAL DA SAÚDE CENTRO DE EPIDEMIOLOGIA COORDENAÇÃO DE VIGILÂNCIA NUTRICIONA. [s.l: s.n.].

SOARES, Nara MM et al. Influence of sexual maturation on cardiorespiratory

fitness in school children. **RBCDH Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, [s. l.], v. 16, n. 2, p. 223–232, 2014.

SOUZA, Letícia da Silva et al. Estado nutricional antropométrico e associação com pressão arterial em crianças e adolescentes: Um estudo populacional. **Scientia Medica**, [s. l.], v. 27, n. 1, p. 25592, 2017.

SUMINSKI, R. R. et al. Measuring Aerobic Fitness of Hispanic Youth 10 to 12 years of Age. **International Journal of Sports Medicine**, [s. l.], v. 25, n. 1, p. 61–67, 2004.

TADIOTTO, Maiara Cristina et al. Waist-Height Ratio Increase is Associated with Sedentary Behavior in Adolescents Independent of the Level of Physical Activity. [s. l.], n. August, 2018.

TAMBALIS, Konstantinos D. et al. Association of cardiorespiratory fitness levels with dietary habits and lifestyle factors in schoolchildren. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, [s. l.], p. apnm-2018-0407, 2018.

TANNER, J. M. Normal growth and techniques of growth assessment. **Clinics in endocrinology and metabolism**, England, v. 15, n. 3, p. 411–451, 1986.

TAYLOR, Henry Longstreet; BUSKIRK, Elsworth; HENSCHER, Austin. Maximal Oxygen Intake as an Objective Measure of Cardio-Respiratory Performance. **Journal of Applied Physiology**, [s. l.], v. 8, n. 1, p. 73–80, 1955.

THOMAS, JR; NELSON, JK; SILVERMAN, SJ. **Métodos de pesquisa em atividade física**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2012.

TOMKINSON, Grant R. et al. International normative 20 m shuttle run values from 1 142 026 children and youth representing 50 countries. **British Journal of Sports Medicine**, [s. l.], v. 51, n. 21, p. bjsports-2016-095987, 2016.

TREMBLAY, Mark S. et al. Systematic review of sedentary behaviour and health indicators in school-aged children and youth. **International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity**, [s. l.], v. 8, n. 1, p. 98, 2011.

TYSON, Nichole; FRANK, Madelyn. Childhood and adolescent obesity definitions as related to BMI, evaluation and management options. **Best Practice & Research Clinical Obstetrics & Gynaecology**, [s. l.], 2017.

VENANCIO, Patricia E. M. et al. A composição corporal é a variável determinante na relação com o vo2max de crianças/adolescentes? **R. Bras. Ci. e Mov**, [s. l.], v. 26, n. 2, p. 4352, 2018.

VERROTTI, A. et al. Childhood obesity: Prevention and strategies of intervention. A systematic review of school-based interventions in primary schools. **Journal of Endocrinological Investigation**, [s. l.], v. 37, n. 12, p. 1155–1164, 2014.

WANG, Y. Is Obesity Associated With Early Sexual Maturation? A Comparison of the Association in American Boys Versus Girls. **PEDIATRICS**, [s. l.], v. 110,

n. 5, p. 903–910, 2002.

WATERS, Debra L.; BAUMGARTNER, Richard N. Sarcopenia and Obesity. **Clinics in Geriatric Medicine**, [s. l.], v. 27, n. 3, p. 401–421, 2011.

WERNECK, André O. et al. Biological Maturation, Central Adiposity, and Metabolic Risk in Adolescents: A Mediation Analysis. **Childhood Obesity**, [s. l.], v. 12, n. 5, p. 377–383, 2016.

WHIPP, B. The peak versus maximum oxygen uptake issue. **Cpxinternational.Com**, [s. l.], p. 1–10, 2010.

WHO. **Global Recommendations on Physical Activity for Health - World Health Organization**. Geneva.

APÊNDICES

APÊNDICE 1

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

TERMO DE ASSENTIMENTO (TALE)

Estou sendo convidado (a) a participar de um estudo intitulado **TÍTULO DO PROJETO:** Efeito dos treinamentos intervalado de alta intensidade (HIIT) e aeróbio nos fatores de risco cardiovasculares e genéticos de crianças e adolescentes obesos

a) É através das pesquisas clínicas que ocorrem os avanços na medicina e na ciência. A sua participação será de fundamental importância.

b) O objetivo desta pesquisa é Investigar o papel do exercício físico programado e orientação alimentar sobre as complicações decorrentes da obesidade em adolescentes, com idade acima de 14 anos, por um período de 3 meses.

c) Caso você participe do estudo terá que realizar alguns procedimentos antes e durante o estudo, descritos a seguir:

- Participar consulta médica onde serão entrevistados e examinados por médico especialista em Medicina do Esporte e Pediatria no departamento de Educação Física da UFPR. O médico aferirá a altura, o peso e a pressão arterial, e fará o exame clínico geral, trimestralmente. Verificará ainda o desenvolvimento dos pelos pubianos nos meninos e meninas, o desenvolvimento mamário das meninas e o desenvolvimento testicular dos meninos. Esta avaliação será realizada de forma direta pelo médico na avaliação clínica no início e ao final do programa.
- Realizar exames de sangue de rotina, que serão coletados no período da manhã pós 12 horas de jejum, antes do início do programa e 3 meses após. Serão analisados o hemograma, glicemia, colesterol, triglicerídios,
- Realizar testes ergométricos que são testes de esforço máximo para avaliar o condicionamento cardiorrespiratório em piscina. Será respeitado um intervalo entre os testes de no mínimo três (03) horas e no máximo uma semana. Os testes de piscina serão realizados no complexo aquático do Centro de Educação Física e Desportos (CED/UFPR) e ou no Centro esportivo da Universidade Positivo a cada doze semanas.
- Realizar avaliação de Composição corporal (determinação de gordura corporal, massa magra) por meio de um exame chamado Impedância bioelétrica (BIA). A avaliação será realizada em jejum de dez a doze horas, no período da manhã, com o avaliado em decúbito dorsal (deitado de costas) no Núcleo de Pesquisa em Qualidade de Vida do DEF-UFPR por um professor de Educação Física treinado e habilitado, antes do início do programa e 3 meses após.
- Realizar testes de esforço máximo para avaliar o condicionamento cardiorrespiratório em piscina do Colégio da Polícia Militar.
- Teste dos componentes da aptidão física como força abdominal; Repetição máxima -1RM, flexibilidade na academia do colégio da polícia militar.

d) Você poderá sentir um pouco de desconforto durante alguns destes exames, enquanto outros podem também representar riscos, tais como:

APÊNDICE 1

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

- Os adesivos da BIA podem provocar alguma reação de pele tal como vermelhidão ou coceira;
 - No teste máximo: pode sentir exaustão, dores nas pernas e taquicardia (aceleração do batimento cardíaco) que melhoram após a interrupção do teste;
 - Dores musculares e articulares durante e após os testes e sessões iniciais de exercício.
- e) As dores musculares e articulares decorrentes do treinamento após as sessões iniciais tendem a diminuir à medida que você melhora o condicionamento físico;
- f) Os benefícios esperados são: a redução da gordura corporal e o controle das complicações decorrentes da obesidade como diminuição das gorduras e do açúcar no sangue, pressão arterial, a melhora do condicionamento físico e do bem-estar, o aumento das atividades físicas diárias, a maior participação das aulas de educação física na escola e a reeducação nutricional;
- g) A médica Dra. Neiva Leite responsável pelo Núcleo de Pesquisa em Qualidade de Vida (NQV) do DEF da UFPR fará o acompanhamento clínico conforme consta no padrão Ético e Vigente no Brasil. Os alunos de graduação, mestrado e doutorado e professores de Educação Física serão os responsáveis pelo planejamento, pelas avaliações físicas, prescrição e controle do programa de exercícios físicos. Os membros do grupo de pesquisa poderão ser contatados pelo telefone (41) 3360-4326 (NQV – UFPR), Campos Jd. Botânico no Departamento de Educação Física UFPR;
- h) Estão garantidas todas as informações que você queira, antes durante e depois do estudo;
- i) A sua participação neste estudo é voluntária. Você tem a liberdade de recusar participar do estudo, ou se aceitar a participar, retirar seu assentimento a qualquer momento;
- j) As informações relacionadas ao estudo poderão ser inspecionadas pelos médicos que executam a pesquisa e pelas autoridades legais, no entanto, se qualquer informação for divulgada em relatório ou publicação, acontecerá de forma codificada, para que a confidencialidade seja mantida;
- k) Todas as despesas necessárias para a realização da pesquisa serão de responsabilidade dos pesquisadores;
- l) Pela sua participação no estudo, você não receberá qualquer valor em dinheiro;
- m) Quando os resultados forem publicados, não aparecerá o seu nome e sim um código;
- n) Durante o estudo, você não deverá ingerir medicamentos sem informar antecipadamente os responsáveis por seu acompanhamento clínico;
- o) Você poderá ser acompanhado pelos seus pais em todas as avaliações;
- p) Para todas as avaliações os riscos serão minimizados com as devidas orientações. Haverá acompanhamento supervisionado por profissionais formados de educação física e com treinamento prévio adequado aos pesquisadores envolvidos para que não haja constrangimento, tanto no programa de exercício quanto nos testes físicos e antropométricos. Importante esclarecer que todos os espaços aonde serão desenvolvidos o estudo existe serviço de acionamento de EMERGÊNCIA terceirizado, caso haja necessidade de encaminhamento para médico particular, em função do programa de exercícios e ou das avaliações, será custeado pelo pesquisador.

APÊNDICE 1**TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)**

Haverá acompanhamento médico e dos pais caso queiram estar presentes, em todos os testes máximos.

OBS: Todos os participantes do grupo controle receberão igual tratamento após o período da pesquisa no caso de você fazer parte do grupo de controle, fica assegurada sua participação nas atividades do projeto.

Eu, _____ li o texto acima e compreendi a natureza e objetivo do estudo no qual estou sendo convidado (a) a participar. A explicação que recebi menciona os riscos e benefícios do estudo e as orientações e tratamentos alternativos. Eu entendi que sou livre para interromper a minha participação no estudo a qualquer momento sem justificar minha decisão e sem que esta decisão afete o meu tratamento com o médico. Eu entendi o que não posso fazer durante o estudo e sei que qualquer gasto relacionado ao estudo (tratamento) será pago pelos pesquisadores envolvidos.

Assinatura da criança / adolescente

Profa. Dra. Neiva Leite

Data: ____/____/____

APÊNDICE 2

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Seu (a) filho (a) está sendo convidado (a) a participar de um estudo intitulado: Efeito dos treinamentos intervalado de alta intensidade (HIIT) e aeróbio nos fatores de risco cardiovasculares e genéticos de crianças e adolescentes obesos.

a) É através das pesquisas clínicas que ocorrem os avanços na medicina e na ciência. A participação de seu (a) filho (a) será de fundamental importância.

b) O objetivo desta pesquisa é investigar o papel do exercício físico programado e orientação alimentar sobre as complicações decorrentes da obesidade em crianças e adolescentes, com idade acima de 11 anos, por um período de três meses.

c) Caso seu filho (a) participe do estudo terá que realizar alguns procedimentos antes e durante o estudo, descritos a seguir:

- Participar de uma consulta médica onde será entrevistado e examinado por um médico especialista em Medicina do Esporte e/ou Pediatria. O médico aferirá a altura, o peso e a pressão arterial, e fará o exame clínico geral, trimestralmente. Verificará ainda o desenvolvimento dos pelos pubianos nos meninos e meninas, o desenvolvimento mamário das meninas e o desenvolvimento testicular dos meninos. Esta avaliação será realizada de forma indireta por meio de desenhos pelo médico na avaliação clínica no início e ao final do programa;
- Realizar exames de sangue, coletados no período da manhã após 12 horas de jejum, antes e três meses após o programa. Será analisado o perfil lipídico, glicose, insulina, vitamina D e proteína C-reativa (PCR);
- Realizar testes de esforço máximo para avaliar o condicionamento cardiorrespiratório em esteira (no departamento de Educação Física da UFPR) e de campo (colégio estadual), antes e três meses após o programa de exercício físico;
- Realizar avaliação de composição corporal (determinação de gordura corporal, massa magra) por meio do exame de impedância bioelétrica (BIA). A avaliação será realizada em jejum de dez a doze horas, no período da manhã, com o avaliado em decúbito dorsal (deitado de costas) por um professor de Educação Física treinado e habilitado, antes do início do programa e três meses após;
- Realizar avaliação da espessura da carótida por meio do instrumento não invasivo (ultrassom na região do pescoço). A avaliação será realizada por profissional treinado, com o avaliado em decúbito dorsal (deitado de costas) em uma maca, antes do início do programa e três meses após;
- Teste dos componentes da aptidão física como força abdominal, repetição máxima -1RM, flexibilidade.

d) Seu (a) filho (a) poderá sentir um pouco de desconforto durante alguns destes exames, enquanto outros podem também representar riscos, tais como:

- Amostra de sangue: a retirada de sangue de seu braço pode provocar dor, inflamação, hematomas (ficar roxo no local) e em raras ocasiões, infecção;
- O jejum de doze horas pode causar tontura, dor de cabeça, mal-estar do estômago ou desmaio;

APÊNDICE 2

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

- Os adesivos da BIA podem provocar alguma reação de pele tal como vermelhidão ou coceira;
 - No teste máximo: pode sentir exaustão, dores nas pernas e taquicardia (aceleração do batimento cardíaco) que melhoram após a interrupção do teste;
 - Dores musculares e articulares durante e após os testes e sessões iniciais de exercício.
- e) As dores musculares e articulares decorrentes do treinamento após as sessões iniciais tendem a diminuir à medida que você melhora o condicionamento físico;
- f) Os benefícios esperados são: a redução da gordura corporal e o controle das complicações decorrentes da obesidade como diminuição das gorduras e do açúcar no sangue, pressão arterial, a melhora do condicionamento físico e do bem-estar, o aumento das atividades físicas diárias, a maior participação das aulas de educação física na escola e a reeducação nutricional;
- g) A médica Dra. Neiva Leite responsável pelo Núcleo de Pesquisa em Qualidade de Vida (NQV) do DEF da UFPR fará o acompanhamento clínico conforme consta no padrão Ético e Vigente no Brasil. Os alunos de graduação, mestrado e doutorado e professores de Educação Física serão os responsáveis pelo planejamento, pelas avaliações físicas, prescrição e controle do programa de exercícios físicos. Os membros do grupo de pesquisa poderão ser contatados pelo telefone (41) 3360-4326 (NQV – UFPR), Campos Jd. Botânico no Departamento de Educação Física UFPR;
- h) Estão garantidas todas as informações que você queira, antes durante e depois do estudo;
- i) A participação do seu (a) filho (a) neste estudo é voluntária. Você tem a liberdade de recusar a participação do (a) seu (a) filho (a) do estudo, ou se aceitar a participação, retirar seu consentimento a qualquer momento;
- j) As informações relacionadas ao estudo poderão ser inspecionadas pelos médicos que executam a pesquisa e pelas autoridades legais, no entanto, se qualquer informação for divulgada em relatório ou publicação, acontecerá de forma codificada, para que a confidencialidade seja mantida;
- k) Todas as despesas necessárias para a realização da pesquisa serão de responsabilidade dos pesquisadores;
- l) Pela participação do (a) seu (a) filho (a) no estudo, você não receberá qualquer valor em dinheiro;
- m) Quando os resultados forem publicados, não aparecerá o nome do (a) seu (a) filho (a) e sim um código;
- n) Durante o estudo, seu (a) filho (a) não deverá ingerir medicamentos sem informar antecipadamente os responsáveis por seu acompanhamento clínico;
- o) Seu (a) filho (a) poderá ser acompanhado pelos pais em todas as avaliações;
- p) Para todas as avaliações os riscos serão minimizados com as devidas orientações. Haverá acompanhamento supervisionado por profissionais formados de educação física e com treinamento prévio adequado aos pesquisadores envolvidos para que não haja constrangimento, tanto no programa de exercício quanto nos testes físicos e antropométricos. Importante esclarecer que todos os espaços aonde serão desenvolvidos o estudo existe serviço de acionamento de EMERGÊNCIA terceirizado, caso haja necessidade de encaminhamento para médico particular, em função do programa de exercícios e ou das avaliações, será custeado pelo pesquisador.

APÊNDICE 2**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)**

Haverá acompanhamento médico e dos pais caso queiram estar presentes, em todos os testes máximos.

OBS: Todos os participantes do grupo controle receberão igual tratamento após o período da pesquisa no caso de você fazer parte do grupo de controle, fica assegurada sua participação nas atividades do projeto.

Eu, _____ li o texto acima e compreendi a natureza e objetivo do estudo no qual meu (a) filho (a) _____ foi convidado (a) a participar. A explicação que recebi menciona os riscos e benefícios do estudo e as orientações e tratamentos alternativos. Eu entendi que sou livre para interromper a sua participação no estudo a qualquer momento sem justificar minha decisão e sem que esta decisão afete o seu tratamento com o médico. Eu entendi o que não posso fazer durante o estudo e sei que qualquer gasto relacionado ao estudo (tratamento) será pago pelos pesquisadores envolvidos.

Assinatura do pai/mãe ou responsável

Profa. Dra. Neiva Leite

Data: ____/____/____

APÊNDICE 3

RELATÓRIO DE ATIVIDADES INDIVIDUAIS



NOME: _____ SEXO: F ☐ M ☐

Massa Corporal: _____ Estatura: _____ IMC: _____

Classificação do Estado Nutricional pelo IMC: _____

Aptidão Cardiorrespiratória de acordo com Consumo Máximo de Oxigênio (VO_{2max})

Valor alcançado (teste Shuttle run): _____

Valores de Referência (Rodrigues <i>et al.</i> , 2006)		
	Meninas	Meninos
Fraca	< 33,0	< 38,7
Muito Fraca	33,0-36,4	38,7-43,3
Regular	36,5-38,7	43,4-47,9
Boa	38,8-42,4	48,0-52,2
Excelente	≥ 42,5	≥ 52,3

Índice de Adiposidade (% gordura corporal relativa)

Valor alcançado (bioimpedância elétrica): _____

Valores de Referência (adaptado de Lohman <i>et al.</i> , 1988)		
	Meninas	Meninos
Baixo	< 15,0	< 10,0
Ótimo	≥ 15,0 e < 25,0	≥ 10,0 e < 20,0
Moderadamente alto	> 25,0 e < 30,0	> 20,0 e < 25,0
Alto	≥ 30,0	≥ 25,0

Comportamento Sedentário (Aplicação de Questionário)

Tempo de Tela: _____

Valores de Referência (Tremblay <i>et al.</i> , 2011)		
	Baixo	Alto
Tempo de exposição (horas/dia)	< 2	> 2

Observações:

O excesso de peso é prejudicial à saúde e pode ter seus efeitos acentuados quanto maior for o tempo de exposição a comportamentos sedentários. A Organização Mundial da Saúde (OMS, 2010) recomenda a prática de 300 minutos semanais de exercícios físicos moderados a rigorosos. Pratique exercícios físicos regularmente.

APÊNDICE 4

TABELA DAS CARACTERÍSTICAS GERAIS DA AMOSTRA ESTRATIFICADO PELO ESTADO NUTRICIONAL E SUBCLASSIFICADO PELO SEXO
SUBCLASSIFICADO PELO SEXO

	Eutróficos (n=40)				Sobrepeso (n=38)				Obesos (n=37)			
	Meninas (n=18)	Meninos (n=22)	Meninas (n=15)	Meninos (n=22)	Meninas (n=15)	Meninos (n=22)	Meninas (n=12)	Meninos (n=25)	Meninas (n=12)	Meninos (n=25)	Meninas (n=12)	Meninos (n=25)
Faixa etária	13,70±1,56	13,39±1,58	13,39±2,34	13,07±1,60	13,39±2,34	13,07±1,60	13,54±1,77	13,19±1,41	13,54±1,77	13,19±1,41	13,54±1,77	13,19±1,41
Massa corporal*	47,60±6,77	49,73±12,07	60,26±8,11	58,80±11,89	60,26±8,11	58,80±11,89	80,95±23,41 ^{bc}	85,63±19,80 ^{bc}	80,95±23,41 ^{bc}	85,63±19,80 ^{bc}	80,95±23,41 ^{bc}	85,63±19,80 ^{bc}
Estatura	160,98±7,70	162,16±12,99	157,14±5,59	160,9±10,43	157,14±5,59	160,9±10,43	157±10,25	163,79±10,35	157±10,25	163,79±10,35	157±10,25	163,79±10,35
CC	61,84±3,39	62,20±6,17	72,85±5,01	71,82±5,16 ^a	72,85±5,01	71,82±5,16 ^a	89,36±13,82 ^{bc}	93,79±13,27 ^{bc}	89,36±13,82 ^{bc}	93,79±13,27 ^{bc}	89,36±13,82 ^{bc}	93,79±13,27 ^{bc}
IMC-z	-0,44±0,82	-0,049±0,64	1,60±0,27 ^a	1,421±0,32 ^a	1,60±0,27 ^a	1,421±0,32 ^a	2,98±0,70 ^{bc}	3,087±0,94 ^{bc}	2,98±0,70 ^{bc}	3,087±0,94 ^{bc}	2,98±0,70 ^{bc}	3,087±0,94 ^{bc}
MG (%)	24,77±4,39 [*]	18,61±3,68	31,30±3,87 ^a	26,32±11,88	31,30±3,87 ^a	26,32±11,88	39,27±4,20 ^{bc}	37,47±4,01 ^{bc}	39,27±4,20 ^{bc}	37,47±4,01 ^{bc}	39,27±4,20 ^{bc}	37,47±4,01 ^{bc}
MLG (kg)	35,67±4,54	40,65±13,72	41,32±5,43	44,63±9,43	41,32±5,43	44,63±9,43	48,63±12,14 ^{bc}	53,37±11,79 ^{bc}	48,63±12,14 ^{bc}	53,37±11,79 ^{bc}	48,63±12,14 ^{bc}	53,37±11,79 ^{bc}
Tempo de tela	241,87±88,98	286,67±100,94	292,42±144,39	300,19±141,33	292,42±144,39	300,19±141,33	291,50±76,43	355,66±139,79	291,50±76,43	355,66±139,79	291,50±76,43	355,66±139,79
NAF-mv (min/dia)	44,40±33,90	87,55±54,80 [*]	43,09±39,63	63,44±74,42	43,09±39,63	63,44±74,42	25,58±14,95	63,88±80,14 [*]	25,58±14,95	63,88±80,14 [*]	25,58±14,95	63,88±80,14 [*]
Número de voltas	32,83±8,55 ^{ab}	48,77±15,40 [*]	22,53±8,72	36,17±14,32 [*]	22,53±8,72	36,17±14,32 [*]	14,0±4,15	16,32±6,61 ^{bc}	14,0±4,15	16,32±6,61 ^{bc}	14,0±4,15	16,32±6,61 ^{bc}
FCmax	202,72±6,49 ^b	202,77±11,01	200,73±14,24 ^c	200,73±7,68	200,73±14,24 ^c	200,73±7,68	187,66±13,28	191,84±10,24	187,66±13,28	191,84±10,24	187,66±13,28	191,84±10,24
VO_{2pico} L/min	2,11±0,39	2,72±0,73 [*]	2,08±0,29	2,50±0,64 [*]	2,08±0,29	2,50±0,64 [*]	2,16±0,43	2,52±0,49 [*]	2,16±0,43	2,52±0,49 [*]	2,16±0,43	2,52±0,49 [*]
VO_{2pico} MC	44,72±6,55 ^{ab}	54,85±6,09 ^{ab*}	34,81±4,73 ^c	43,09±9,25 ^{c*}	34,81±4,73 ^c	43,09±9,25 ^{c*}	27,67±5,65	30,24±5,98	27,67±5,65	30,24±5,98	27,67±5,65	30,24±5,98
VO_{2pico} MLG	59,48±8,2 ^{ab}	67,48±7,56 ^{ab*}	50,65±6,07	56,62±10,75 ^{c*}	50,65±6,07	56,62±10,75 ^{c*}	45,42±7,90	48,32±8,77	45,42±7,90	48,32±8,77	45,42±7,90	48,32±8,77

Nota: ANOVA onde way, p < 0,05, a = eutróficos vs sobrepeso; b = eutróficos vs obesos; c = sobrepeso vs obesos; teste t de *stutants*, * = diferenças p < 0,05 entre sexos; CC = circunferência de cintura; IMC-z = índice de massa corporal score z; MG = massa gorda; MLG = massa livre de gordura; NAF-mv = nível de atividade física moderado-vigoroso; MC = massa corporal.

APÊNDICE 5

**TABELA DE CLASSIFICAÇÃO DA APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA DE
ACORDO COM AS CARACTERÍSTICAS DA AMOSTRA**

TABELA 18. CLASSIFICAÇÃO DE APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA INSUFICIENTE DE ACORDO COM AS CARACTERÍSTICAS DA AMOSTRA.

	Amostra total	p	Eutróficos		Excesso de peso	p
Sexo						
Masculino	45,2%	0,103	11,1%	0,109	70,0	0,105
Feminino	60,4%				85,7	
Maturação sexual						
pré-púbere	87,5	0,442	-	0,583	87,5	0,424
Púbere	42,7		5,7%		70,2	
pós-púbere	72,0		0,0%		90,0	
CC						
Ausência de EAC	21,7	0,001	5,0%	-	44,8	0,001
Presença de EAC	97,8		5,0%		97,8	
IMC-z						
Eutrófico	5,0	0,001	-	-	-	-
Sobrepeso	55,3		-		-	
Obeso	100		-		-	
%MG						
Ausência de EG	0,0	0,001	0,0%	0,127	0,0	0,001
Presença de EG	69,4		10,5		86,4	
Tempo de tela						
<2 horas/dia	50,0	0,446	50,0%	0,140	50,0	0,386
≥2 e <4 horas/dia	44,4		0,0%		80,0	
≥4 horas/dia	54,9		3,8%		78,6	
NAF-mv						
≥300 min/sem	37,9	0,001	3,6%	0,240	70,0	0,269
150 < 300 min/sem	58,3		0,0%		82,4	
≤150 min/sem	72,7		20,0%		82,1	

Nota = ¹ = amostra com excesso de peso;

APÊNDICE 6

TABELAS DE COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO LINEAR DE PEARSON ENTRE VARIÁVEIS PREDITORAS DO VO_{2pico}MC REFERENTE AOS MODELOS DE EQUAÇÃO

TABELA 19. COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO LINEAR DE PEARSON ENTRE VARIÁVEIS PREDITORAS DO VO_{2pico}MC MEDIDO REFERENTE A EQUAÇÃO MODELO A.

	NÚMERO DE VOLTAS	IMC-z*estatura	MESES	SEXO
VO_{2pico}MC	,784**	-,778**	,083	,182*
NÚMERO DE VOLTAS	1,000	-,609**	,383**	,247*
IMCxEST		1,000	-,152	,143
MESES			1,000	,012
SEXO				1,000

TABELA 20. COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO LINEAR DE PEARSON ENTRE VARIÁVEIS PREDITORAS DO VO_{2pico}MC MEDIDO REFERENTE A EQUAÇÃO MODELO B.

	NÚMERO DE VOLTAS* FCmax	IMC-z*estatura	MESES	SEXO
VO_{2pico}MC	,795**	-,778**	,083	,182*
Número de voltas*	1,000	-,610**	,371**	,243*
FCmax				
IMC-z*estatura		1,000	-,152	,143
MESES			1,000	,012
SEXO				1,000

TABELA 21. COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO LINEAR DE PEARSON ENTRE VARIÁVEIS PREDITORAS DO VO_{2pico}MC MEDIDO REFERENTE A EQUAÇÃO MODELO C.

	NÚMERO DE VOLTAS* FCmax	IMC-z*estatura	%MG class	MESES	SEXO
VO_{2pico}MC	,795**	-,778**	-,597**	,083	,182
Número de voltas*	1,000	-,610**	-,547**	,371**	,243*
FCmax					
IMC-z*estatura		1,000	,466**	-,152	,143*
%MG class			1,000	-,246*	-,109
MESES				1,000	,012
SEXO					1,000

APÊNDICE 7

TABELAS DE AVALIAÇÃO RESIDUAL DOS MODELOS DE EQUAÇÃO

TABELA 22. ESTATÍSTICAS DE RESÍDUOS MODELO A.

	Mínimo	Máximo	Media	Desvio Padrão	n
VALOR PREDITO	18,4047	66,6351	40,3087	10,43354	91
RESÍDUO	-10,08959	14,63291	0,00000	5,04579	91
VALOR PREDITO PADRÃO	-2,099	2,523	0,000	1,000	91
RESÍDUO PADRÃO	-1,955	2,835	0,000	0,978	91

a. Variável Dependente: VO_{2pico}MC.

TABELA 23. ESTATÍSTICAS DE RESÍDUOS MODELO B.

	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	n
VALOR PREDITO	18,3602	67,5317	40,3087	10,48953	91
RESÍDUO	-10,14471	13,13195	0,00000	4,92834	91
VALOR PREDITO PADRÃO	-2,092	2,595	0,000	1,000	91
RESÍDUO PADRÃO	-2,012	2,605	0,000	0,978	91

a. Variável Dependente: VO_{2pico}MC.

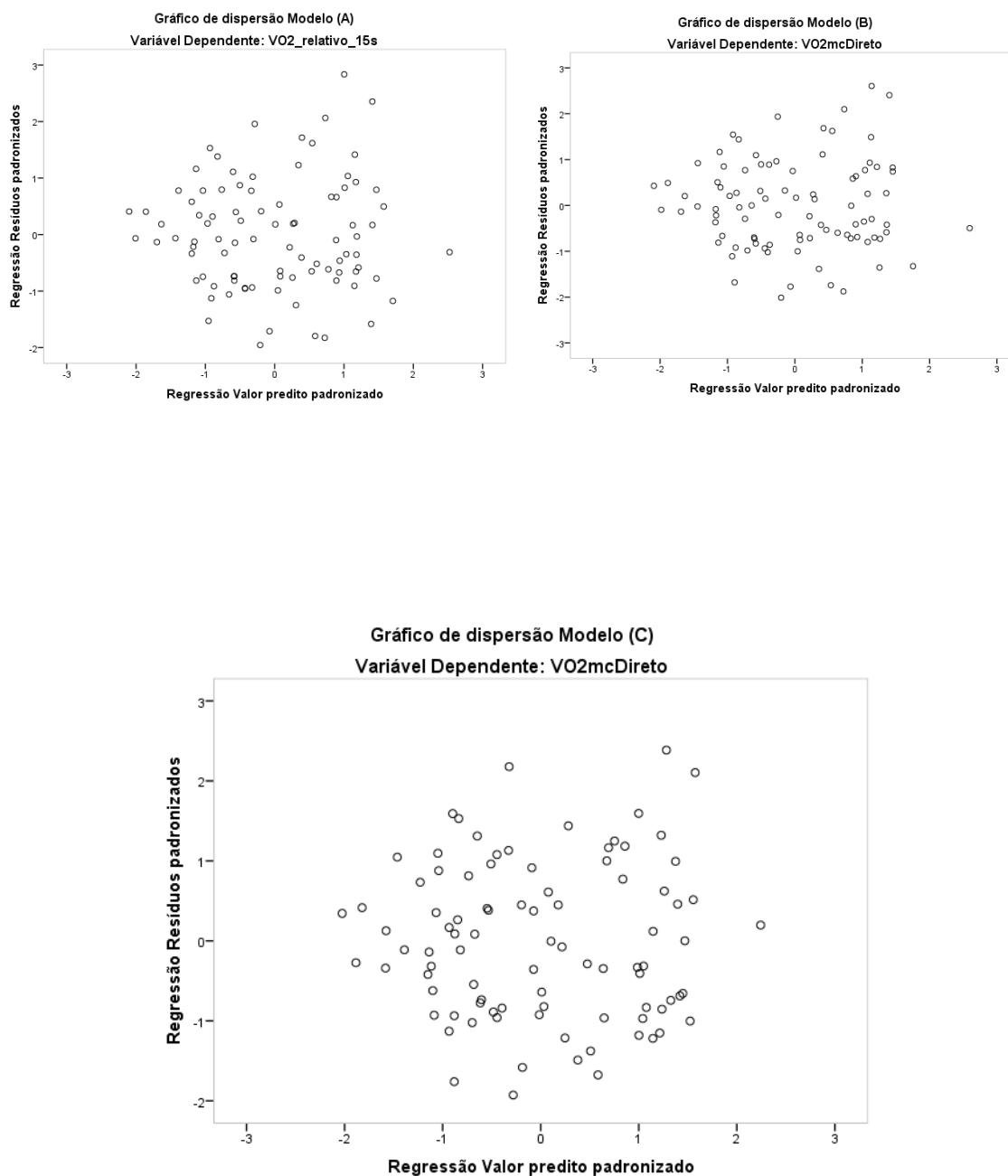
TABELA 24. ESTATÍSTICAS DE RESÍDUOS MODELO C.

	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	n
VALOR PREDITO	18,8555	64,0799	40,3087	10,59853	91
RESÍDUO	-9,30143	11,51189	0,00000	4,68934	91
VALOR PREDITO PADRÃO	-2,024	2,243	0,000	1,000	91
RESÍDUO PADRÃO	-1,928	2,386	0,000	0,972	91

a. Variável Dependente: VO_{2pico}MC.

APÊNDICE 8

FIGURA 6. GRÁFICOS DE VALIDAÇÃO DA HOMOCEDASTICIDADE DOS NOVOS MODELOS



ANEXOS

ANEXO 1**CARTA DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA EM SERES HUMANOS**

FACULDADE DOM BOSCO/ PR

**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP****DADOS DA EMENDA**

Título da Pesquisa: Efeito dos treinamentos intervalado de alta intensidade (HIIT) e aeróbio nos fatores de risco cardiovasculares e genéticos em adolescentes obesos

Pesquisador: Maria de Fátima Aguiar Lopes

Área Temática: Genética Humana:

(Trata-se de pesquisa envolvendo Genética Humana que não necessita de análise ética por parte da CONEP.);

Versão: 4

CAAE: 62963916.0.0000.5223

Instituição Proponente: Faculdades Dom Bosco/ PR

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio
Fundação Araucária

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.623.226

Apresentação do Projeto:

Projeto aprovado sob parecer 1.911.080. A emenda visa apresentar autorização de novos locais para a realização da pesquisa e de novos pesquisadores ao projeto.

Objetivo da Pesquisa:

Conforme parecer 1.911.080

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Conforme parecer 1.911.080

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Conforme parecer 1.911.080

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Conforme parecer 1.911.080

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

A emenda apresentou as declarações comprobatórias.

Considerações Finais a critério do CEP:

Endereço: Rua Paulo Martins, 332

Bairro: Mercês

CEP: 80.710-010

UF: PR

Município: CURITIBA

Telefone: (41)3218-5582

Fax: (41)3218-5559

E-mail: cep@dombosco.sebsa.com.br

ANEXO 1

CARTA DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA EM SERES HUMANOS

FACULDADE DOM BOSCO/ PR



Continuação do Parecer: 2.623.226

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_1016603_E2.pdf	24/04/2018 18:04:01		Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	VIAANUCEP.pdf	24/04/2018 17:58:36	Maria de Fátima Aguiar Lopes	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	DECLACEP.pdf	24/04/2018 17:57:32	Maria de Fátima Aguiar Lopes	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TALE_HIIT.pdf	26/01/2017 20:47:52	Maria de Fátima Aguiar Lopes	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_HIIT_CEP.pdf	26/01/2017 20:47:29	Maria de Fátima Aguiar Lopes	Aceito
Folha de Rosto	Plataforma_HIIT.pdf	21/11/2016 23:32:04	Maria de Fátima Aguiar Lopes	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.docx	18/11/2016 15:43:27	Maria de Fátima Aguiar Lopes	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita apreciação da CONEP:

Não

CURITIBA, 26 de Abril de 2018

Assinado por:
RENATA WASSMANSDORF
 (Coordenador)

Endereço: Rua Paulo Martins, 332

Bairro: Mercês

CEP: 80.710-010

UF: PR

Município: CURITIBA

Telefone: (41)3218-5582

Fax: (41)3218-5559

E-mail: cep@dombosco.sebsa.com.br

ANEXO 2

ESTÁGIOS DE MATURAÇÃO SEXUAL

FIGURA 7 – Cinco estágios do desenvolvimento de pêlos púbicos femininos em desenhos



FONTE: Adaptado de FAULKNER, R. A. **Maturation**. In: DOCHERTY, D. Measurement in pediatric exercise science. Canada: Human Kinetics, 1996, p. 151.

FIGURA 9 – Cinco estágios do desenvolvimento de pêlos púbicos masculino em desenhos



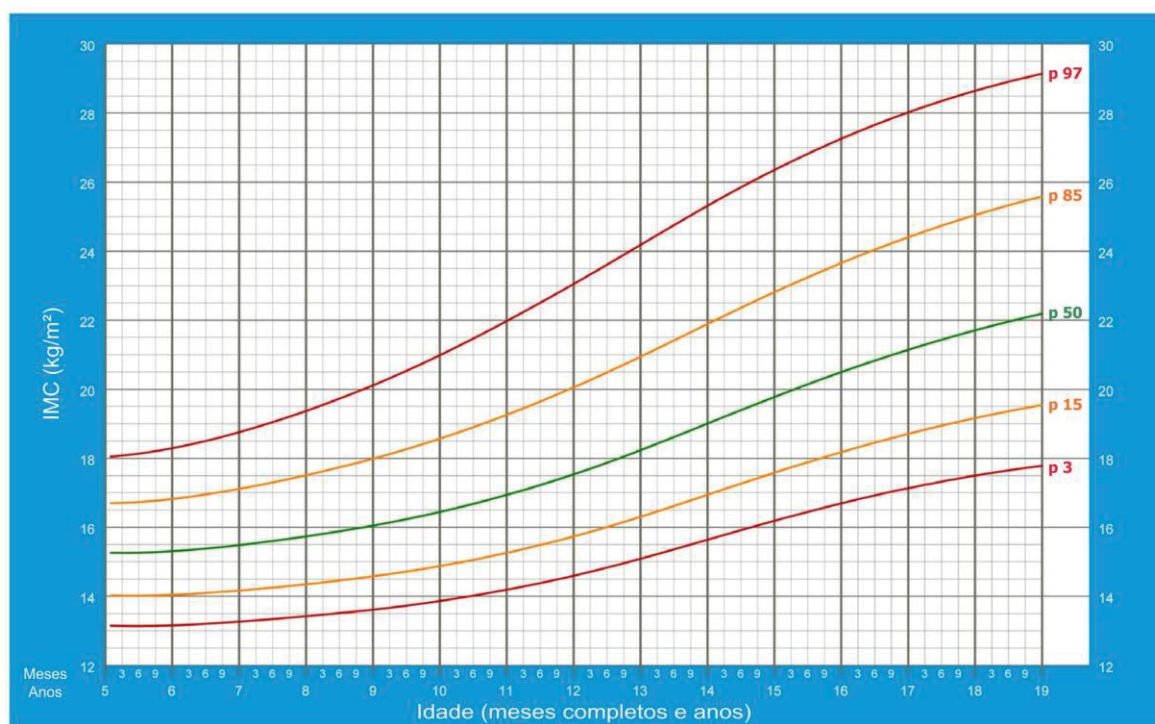
FONTE: Adaptado de FAULKNER, R. A. **Maturation**. In: DOCHERTY, D. Measurement in pediatric exercise science. Canada: Human Kinetics, 1996, p. 152.

ANEXO 3

CURVAS DE CLASSIFICAÇÃO DO IMC POR IDADE PARA MENINOS

IMC por idade MENINOS

Dos 5 aos 19 anos (percentis)



Fonte: WHO Growth reference data for 5-19 years, 2007 (<http://www.who.int/growthref/en/>)

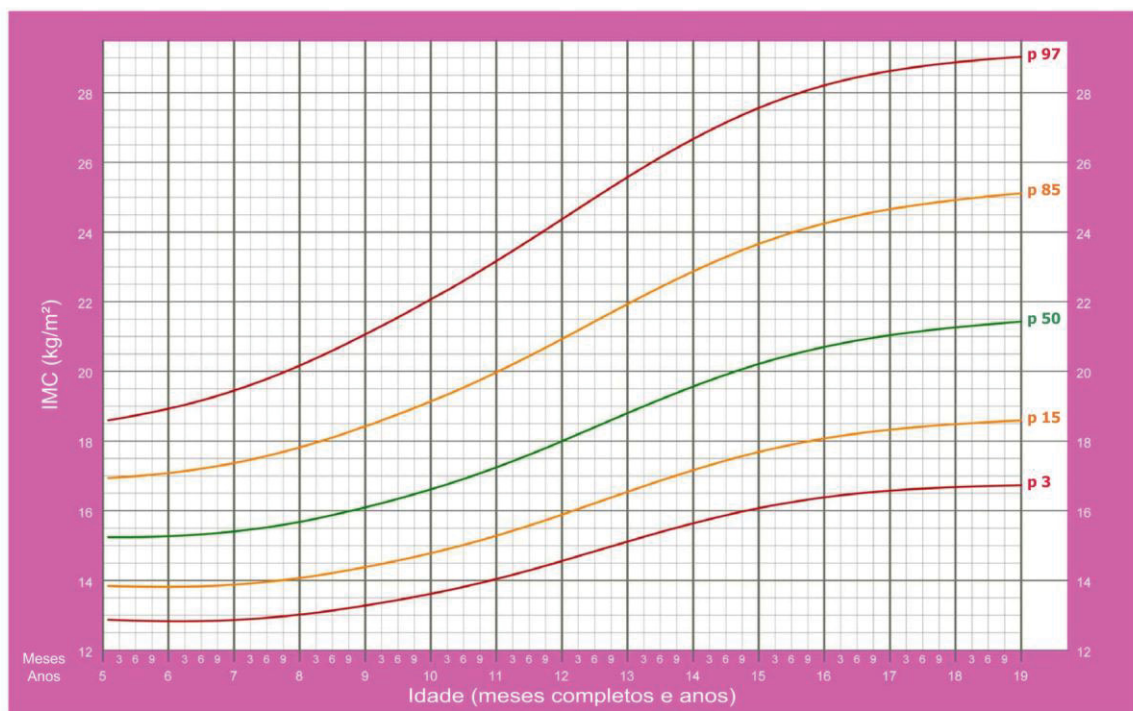
ANEXO 4

CURVAS DE CLASSIFICAÇÃO DO IMC POR IDADE PARA MENINAS

IMC por idade MENINAS

Dos 5 aos 19 anos (percentis)

Ministério
da Saúde



Fonte: WHO Growth reference data for 5-19 years, 2007 (<http://www.who.int/growthref/en/>)

Dia da Semana

☐ Segunda-feira ☐ Terça-feira ☐ Quarta-feira ☐ Quinta-feira ☐ Sexta-feira ☐ Sábado ☐ Domingo

CATEGORIA	TIPOS DE ATIVIDADES
1	Repouso na cama (horas de sono)
2	Posição sentada (refeições, assistir TV, trabalhos domésticos leves sem deslocamento, etc)
3	Posição em pé suave (higiene pessoal, trabalhos domésticos leves sem deslocamento, etc)
4	Caminhada leve até 4 km/h (trabalhos domésticos com deslocamento, dirigir veículo, etc)
5	Trabalho manual leve (trabalhos domésticos como limpar o chão, lavar veículo, jardinagem, etc)
6	Atividades de lazer e prática de esportes recreativos (voleibol, passear de bicicleta, caminhada a 4-6 km/h, etc)
7	Trabalho manual em ritmo moderado (trabalho braçal, de carpinteiro, pedreiro, pintor, etc)
8	Atividades de lazer e prática de esportes de alta intensidade (futebol, basquetebol, dança, natação, corrida, tênis, etc)
9	Trabalho manual intenso, prática de esportes competitivos (carregar cargas pesadas, atletas profissionais, etc)

[illegible]